Vergleichende Untersuchungen über die Bodenphosphorsäure.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde
einer Hohen Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Vereinigten Friedrichs-Universität
Halle-Wittenberg

vorgelegt von Gustav Linkermann
aus Wetter (Kreis Melle).

1926

Halle (Saale)

Vergleichende Untersuchungen über die Bodenphosphorsäure.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde
einer Hohen Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Vereinigten Friedrichs-Universität
Halle-Wittenberg

vorgelegt von Gustav Linkermann
aus Wetter (Kreis Melle).

1926

Halle (Saale)

Referent: Professor Dr. Th. Roemer.
Korreferent: Professor Dr. P. Holdefleiß.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Druck von G. Reichardt, Groitzsch (Bez. Leipzig).

Meiner lieben Mutter

in Dankbarkeit

gewidmet

Inhaltsübersicht.

	Seite
Einleitung	5—6
I. Teil: Ueberblick über die Untersuchungsmethoden.	
1. Die Pflanzenanalyse als Mittel zur Bestimmung des Düngerbedürfnisses	6—12
2. Die Bodenanalyse als Mittel zur Bestimmung des Düngerbedürfnisses	12—21
3. Bestimmungsmethoden des Düngerbedürfnisses auf pflanzenphysiologischer Grundlage	21—24
II. Teil: Nachprüfung der Keimpflanzenmethode nach Neubauer und der Zitronensäuremethode nach Lemmermann.	
1. Die bisher veröffentlichten Arbeiten mit dem gleichen Ziel	24—29
2. Die Besprechung eigener Untersuchungen	29—42
Zusammenfassung	42
Anhang I.	46—51
Anhang II.	52/53

Einleitung.

Seitdem es Liebig gelungen war, seine Mineralstofftheorie an die Stelle der Thaerschen Humustheorie zu setzen, und er es verstanden hatte, seinen Satz: „Die Nahrungsmittel aller grünen Pflanzen sind anorganische oder Mineralsubstanzen“ zum Gemeingut aller zu machen, setzte auf dem Gebiete der Agrikulturchemie das Bestreben ein, in den Nährstoffvorrat eines Bodens Einblick zu gewinnen. Mußte man doch die Zufuhr der künstlichen Düngemittel so gestalten, daß dabei das für das Pflanzenwachstum und den Wirtschaftsbetrieb günstigste Verhältnis herauskam. Der Düngungsversuch im freien Felde wie in Gefäßen wurde bald als geeignetes Mittel erkannt, das Düngebedürfnis des Bodens zu erforschen. Es würde hier zu weit führen, auf die Entwicklung, die der Feldversuch bis zur Gegenwart durchgemacht hat, einzugehen. Namen wie Drechsler, Maercker, Liebscher, Wagner, Rümker und Rodewald sind in diesem Zusammenhang geläufig. In seinem „Feldversuch“ hat Roemer[1]) zusammengefaßt, was zur Vervollkommnung des Feldversuchs im allgemeinen und auch des Düngungsversuchs im besonderen von den genannten und anderen Forschern sowie von ihm selbst hat beigetragen werden können. Gefäßversuche, wie sie zuerst Stöckhardt angelegt hat, haben durch Liebscher, Maercker, Wagner und andere in ihrer Technik ebenfalls viele Verbesserungen erfahren, und sie sind ein exaktes Mittel, Klarheit darüber zu bringen, welche Stoffe in genügender Menge im Boden vorhanden sind und welche nicht. Eine eingehende Würdigung des Gefäßversuchs und eine Zusammenfassung aller mit ihm zusammenhängenden Fragen hat Pfeiffer[2]) in seinem „Gefäßversuch“ gebracht. Auf Vorzüge und Nachteile der Düngungsversuche, ob in Gefäßen oder im freien Felde wird auf Seite 23, 24 eingegangen, jedoch sei schon hier gesagt, daß sie stets viel Zeit und Arbeit in Anspruch nehmen. Der Wunsch, durch eine einfache, weniger umständliche Methode zum Ziel zu kommen, trat deshalb immer wieder hervor. Zunächst unterschied man noch nicht zwischen dem Gesamtgehalt des Bodens an einem Nährstoff und der von den Pflanzen ausnutzbaren Menge. Man wollte zu Liebigs Zeit durch einfache chemische Bodenanalyse den Gehalt an Pflanzennährstoffen ermitteln. Ungleiche Ernten auf Böden mit gleichem prozentischen Nährstoffgehalt belehrten aber bald, daß nicht allein der absolute Gehalt, sondern vielmehr die Form, in der die Nährstoffe im Boden gebunden sind, für die Ertragsfähigkeit maßgebend ist.

In der Folgezeit wurden die verschiedensten Wege eingeschlagen, die Düngerbedürftigkeit eines Bodens zu erforschen. Man erkannte bald, daß auch den physikalischen Eigenschaften für die Fruchtbarkeit

---

[1]) Roemer: „Der Feldversuch“ 2. Aufl. (Paul Parey, Berlin 1925.
[2]) Pfeiffer: „Der Vegetationsversuch“ 2. Aufl. (Paul Parey, Berlin 1919.)

der Böden gewisse Bedeutung zuzuschreiben sei, daß jedoch über die Nährstoffverhältnisse im Boden außer dem Düngungsversuch allein die chemische Analyse Aufklärung geben konnte. Ob dies die Untersuchung des Bodens selber oder die Analyse der auf ihm gewachsenen Pflanzen am besten ermöglichte, darüber waren die Agrikulturchemiker geteilter Meinung, und so trennten sich auch hier ihre Wege. Von den Methoden, die zur Bestimmung des Düngerbedürfnisses des Bodens in Vorschlag gebracht wurden, haben nur wenige der Kritik der Nachwelt Stand halten können, in der Mehrzahl wurden sie bald als unbrauchbar erkannt. In jüngster Zeit sind wiederum mehrere neue Methoden veröffentlicht worden, von denen die Methode nach Lemmermann und die nach Neubauer insofern das besondere Interesse der Agrikulturchemiker gefunden haben, als sie zu den sogenannten Schnellmethoden zu rechnen sind. In vorliegender Arbeit wurden Ergebnisse, wie sie nach diesen Methoden gefunden wurden, auf ihre Richtigkeit hin nachgeprüft. Bevor jedoch auf die eigenen Untersuchungen eingegangen wird, sei ein Ueberblick über die Mittel und Wege gegeben, die bisher von den Agrikulturchemikern befolgt wurden, um zu dem genannten Ziele zu kommen.

I. Teil.

Ueberblick über die Untersuchungsmethoden.

1. Die Pflanzenanalyse als Mittel zur Bestimmung des Düngerbedürfnisses.

Mit der Analyse von Unkräutern befaßte sich Weinhold[1]). „Da auf jedem Boden vorzüglich diejenigen Pflanzen wildwachsend angetroffen werden, für deren Ernährung die Mengen der vorhandenen assimilierbaren Mineralbestandteile das geeignetste Verhältnis darbieten", folgerte er, daß das Verhältnis der Nährstoffmengen zueinander im Boden das gleiche sein müsse, wie in der Pflanzenasche. Es stellte sich aber heraus, daß dasselbe Unkraut, einmal wildwachsend, dann im kultivierten Ackerboden, verschiedene Nährstoffmengen aufgenommen hatte. Weinhold hatte nicht berücksichtigt, daß eine Pflanze nur normal gedeiht, wenn der Boden in seinen chemischen und allen übrigen Eigenschaften ihren Anforderungen entspricht, daß sich andernfalls Pflanzen entwickeln, die in ihrer Zusammensetzung von der normalen abweichen.

Auch der Weg, den Emmerling[2]) einschlug, als er die Probe eines als „anmoorige Wiese" bezeichneten Bodens auf Mangel an Nährstoffen zu untersuchen hatte, ist nicht einwandfrei. Er

[1]) Weinhold: Ueber die Uebereinstimmung in der Zusammensetzung von Pflanzenasche und derj. des Bodens. Landw. Vers.-St. 4, 1862, S. 188, 6, 1864, S. 50,

[2]) Emmerling: Unters. ü. d. Einfluß d. Bodenbeschaffenh. auf d. Zusammensetzung d. Heus. Landw. Wochenbl. f. Schlesw.-Holstein 1875, Nr. 24/25.

verglich zunächst den Befund, den die chemische Bodenanalyse ergab, mit dem einer normalen Marscherde. Da er in dem Untersuchungsboden einen geringen Kaligehalt feststellte, schienen die auffallend niedrigen Erträge der Wiese durch den geringen Kaligehalt des Bodens bedingt zu sein.

	Eingesandte Probe:	Marschboden:
Kali	15,8	38
Natron	19,2	19,8
Kalk	139,4	47,7
Phosphorsäure	103,4	88,2

Damit nicht zufrieden, analysierte er das auf dem Boden gewachsene Heu und verglich dessen Zusammensetzung mit der von C. von Wolff gefundenen mittleren normalen Zusammensetzung von Wiesenheu. Aus dem geringen Gehalt seiner Heuprobe an Kali, Kalk, Magnesia und Phosphorsäure schloß Emmerling auf Mangel an diesen Nährstoffen. Seine Rückschlüsse sind aber zu beanstanden, weil die Zusammensetzung von Heu jeweils eine andere ist, die ganz verschiedenen Pflanze sich in der Nährstoffaufnahme anders verhalten und außerdem das Entwicklungsstadium zur Zeit der Probenahme eine Rolle spielt.

Systematischer ging Hellriegel[1]) vor, d. h. er untersuchte Haferpflanzen, die er in Vegetationsgefäßen, also unter bekannten Bedingungen, zog. Bei gleichen Mengen nährstoffreien Quarzsandes, gleichem Gehalt an den übrigen Nährstoffen, versetzte er seine Gefäße mit steigenden Kaligaben. Entsprechend der Kalidüngung stieg der Ertrag bis zu einem „Normalertrage“ zwischen 17,2 und 19,5 g Trockensubstanz pro Gefäß. Er fand, daß diese Maximalernte einer Kaligabe bedurfte, die zwischen 94—188 mg lag, und daß bei derjenigen Kalimenge, welche noch gerade genügte, um den Normalertrag zu erzeugen, das Stroh den geringsten Aschengehalt aufwies. Hier war anscheinend das richtigste Nährstoffverhältnis getroffen: mit einem Minimum an Kali ein Maximum an Erntesubstanz erzielt. Hellriegel hielt sich für berechtigt zu folgern, daß man imstande sei, aus der Analyse der Ernteprodukte auf unbekannte Bodenverhältnisse zurückzuschließen und somit also die im Boden vorhanden gewesenen Nährstoffe zu bestimmen. Jedoch macht Hellriegel dafür noch zwei Voraussetzungen: Die Kenntnis von dem relativen und absoluten Nährstoffbedürfnis der betreffenden Kulturpflanze, d. h. es muß erstens eine Nährstoffmischung für diese bekannt sein, in welcher kein Nährstoff sich relativ im Ueberschuß vorfindet und zweitens ermittelt sein, welche Menge von dieser Mischung in „Minimo“ ausreicht, um eine gewisse Menge Trockensubstanz zu erzeugen. — Ein Ausbau dieser Methode ist nicht erfolgt, da der Abstand zwischen Theorie und praktischer Anwendung auf das freie Feld sehr groß ist.

[1]) Hellriegel: Bedeutung der chemischen Untersuchung der Ernteprodukte usw. Landw. Vers.-Stat. 11, 1869, S. 136.

Ein ähnliches Verfahren brachte Heinrich[1]) zur Anwendung, und er wich von Hellriegel nur insofern ab, als er nicht die gesamte Pflanzenmasse, sondern nur die Wurzeln zur Analyse heranzog. Er hielt die Wurzeln einjähriger Pflanzen zur Reifezeit auf Grund der Untersuchungen von Fittbogen und Arndt für besonders geeignet, aus ihrem Gehalt an Nährstoffen auf den Gehalt des Bodens zu schließen. Das Feststellen eines Nährstoffminimums erachtete Heinrich ebenso wie Hellriegel für notwendig, denn der Einfluß einer Steigerung oder Verminderung eines Nährstoffs auf das Wachstum der Pflanze sei nur erkennbar, wenn der Gehalt der Pflanze oder des untersuchten Organs verglichen wird mit dem möglichen Minimum. Heinrich hat durch Versuche die Minimalgehalte an K_2O und P_2O_5 für Haferwurzeln bestimmt und gefunden, daß das Minimum für N bei 0,5 bis 0,6 % der Wurzelsubstanz, für Kali bei 0,1 % und für Phosphorsäure bei 0,08 bis 0,1 % liegt. Je weiter sich die Analysenergebnisse nach der positiven Seite entfernen, so gibt Heinrich an, um so weniger wird eine Zufuhr an den betreffenden Nährstoffen angebracht sein; sind jedoch alle Nährstoffe in reichlicher Menge vorhanden, so wird eine Düngung mit dem Nährstoff ertragssteigernd wirken, der sich relativ am meisten im Minimum befindet.

Diese Ergebnisse wurden von Haeßner[2]), von Dickow[3]) und Helmkampf[4]) nachgeprüft.

Der Arbeit Haeßners ist insofern wenig Bedeutung beizumessen, als darin auf Grund von Versuchen, die zur Nachprüfung von Heinrichs Ergebnissen wenig geeignet waren, dieses Verfahren als unrichtig bezeichnet wird.

Von größerem Werte ist dagegen die Arbeit von A. Dickow. Er benutzte für seine Versuche nährstoffarmen Dünensand mit Gerste als Versuchspflanze und fand, daß das Gesetz des Minimums von Heinrich als richtig anzusehen, doch auch die Existenz eines Maximums wahrscheinlich sei, d. h., „es gibt ebenfalls eine Grenze für die Zunahme des Nährstoffgehaltes, über die hinaus weitere Aufnahme nicht mehr stattfindet. Ist sie erreicht, so ist das ein Zeichen dafür, daß der Pflanze im Boden genügende Nährstoffmengen zur Verfügung stehen."

Helmkampf fand Zahlen, die in mancher Beziehung für die Richtigkeit der Heinrichschen Ansichten sprechen, und er glaubt nun durch eine Pflanzenanalyse in Verbindung mit einem Düngungsversuch weiterzukommen. Der Düngungsversuch mit einer Halmfrucht enthielt eine ungedüngte und eine mit sämtlichen zu prüfenden

---

[1]) Heinrich: Grundlagen zur Beurteilung d. Ackerkrume in Beziehung zur landw. Pflanzenproduktion. 1. Aufl. (Wismar 1882).

[2]) Haeßner: Untersuchungen über das Nährstoffbedürfn. usw. Inaug. Diss. Jena 1887.

[3]) A. von Dickow: Beurteilung des Bodens nach den Wurzeln der Gerstenpflanze. Journ. für Landw. 39, 1891, S. 134.

[4]) Helmkampf: Untersuchungen über d. Feststellung des Düngungsbedürfn. der Ackerböden d. d. Pflanzenanalyse. Journ. f. Landw. 40, 1892, S. 85.

Nährstoffen gedüngte Parzelle. Die Analyse eines „Durchschnittsmusters“ von beiden Parzellen, z. Zt. der Blüte genommen, sollte Einblick in die Düngerbedürftigkeit des Bodens geben. Zeigte der Gehalt an einem Nährstoff bei „gedüngt“ eine Steigerung gegenüber „ungedüngt“, so schloß Helmkampf auf ein Düngungsbedürfnis mit dem betr. Nährstoff, blieb der Gehalt unverändert, so deutete das auf genügenden Vorrat im Acker hin. Schon Lemmermann[1]) hielt diese Folgerung für zu weit gehend, „da die Grundlage dieser Methode, die Existenz des Maximums, noch nicht einwandfrei nachgewiesen sei und zwei Parzellen unmöglich zu sicheren Schlüssen führen könnten, weil mancherlei unkontrollierbare Faktoren im freien Felde eine Rolle spielen. Bei Anwendung von mehreren Versuchsparzellen aber würde ein einfacher Düngungsversuch mit weniger Aufwand an Arbeit vorzuziehen sein.“

In Schweden bemühte sich zu derselben Zeit Atterberg[2]), durch die Analyse von Haferkörnern dem in Frage stehenden Problem auf den Grund zu kommen. Aus dem Verhältnis der Nährstoffe zu einander wollte er auf den Mangel an diesem oder jenem Nährstoff im Boden schließen, weil er festgestellt hatte, daß mit der Aenderung beispielsweise des Verhältnisses $N : P_2O_5$ in dem Nährboden eine entsprechende Aenderung des Verhältnisses in dem Gehalt der Pflanzen Hand in Hand ging. Das günstigste Verhältnis von $N : P_2P_5$ in den Haferkörnern gibt er mit 1,6 bis 1,7 : 1 an. Ist das Verhältnis ein weiteres bei gleichzeitigem geringen P_2O_5-Gehalt, so ist eine P_2O_5-Düngung geboten, im umgekehrten Falle eine N-Zufuhr. Für Kali drückt er das Verhältnis aus durch den N-Gehalt der Körner zu dem K_2O-Gehalt des Strohes, es ist ungefähr mit 1 : 1 normal.

Stahl-Schröder[3]) gelangte für das Verhältnis $N : P_2N_5$ zu Ergebnissen, die sich denen Atterbergs nähern. Zum Vergleich seien beide angeführt:

Atterberg:		Stahl-Schröder:	
100 : 50—55	richtiges Verhältnis	100 : 30—40	günstiges Verhältnis
100 : 20	P_2O_5-Mangel	100 : 20—30	P_2O_5-Mangel N-Ueberschuß
100 : 70	N-Mangel	100 : 50—70	N-Mangel P_2O_5-Ueberschuß

Der geringe Unterschied zwischen beiden Angaben sei, so meinen Stahl-Schröder, in den verschiedenen Klimaverhältnissen zu suchen, es müsse also das richtige Verhältnis für jeden Klimabezirk erst ermittelt werden. Die Untersuchungen beider Forscher leiden unter großen Schwankungen, was die Brauchbarkeit ihrer Methode sehr in Frage stellt.

---

[1]) Lemmermann: Beiträge zur Lösung der Frage, inwieweit usw. Inaug. Diss. 1897.

[2]) Atterberg: Die Beurteilung der Bodenkraft nach der Analyse der Haferpflanze. Landw. Jahrb. 15, 1886, S. 415 u. 16, 1887, S. 757.

[3]) Stahl-Schröder: Kann die Pflanzenanalyse usw. Journ. f. Landw. 52 1904. S. 31.

Ein umfangreiches Material stand A. D. Hall[1]) in Rothamsted zur Verfügung, als er die von Hellriegel, Atterberg, Heinrich u. a. vorgeschlagenen Verfahren nachprüfen wollte. Er gelangte zu den Schlußfolgerungen, daß man durch Vergleich mit zuvor bestimmten „Normalkonstanten" aus der Analyse der Asche bestimmter Pflanzen auf das Düngebedürfnis der Böden schließen könne, wobei der Bedarf des Bodens an Kali am besten durch die Mangoldwurzel, der an Phosphorsäure durch die schwedische Rübe angegeben würde. Jedoch sagt er weiter: „Infolge der Schwankungen durch Witterung und sonstige Einflüsse steht dieses Verfahren hinter der Extraktion mit verdünnter Zitronensäure zurück."

Späterhin hat Münter[2]) an diese Arbeiten wieder angeknüpft, indem er gleichfalls aus der Analyse der Pflanzen von verschieden gedüngten Parzellen, und zwar aus dem Verhältnis der Nährstoffe zueinander, das Düngebedürfnis des Bodens für den einen oder anderen Nährstoff erkennen will. Für seine Untersuchungen stand Münter ein Dauerdüngungsversuch der Versuchswirtschaft Lauchstädt zur Verfügung, der auf Grund der vierjährigen Fruchtfolge: Rüben, Gerste, Kartoffeln, Winterweizen in vier Gruppen durchgeführt wird, so daß in jedem Jahre alle genannten Fruchtarten im Versuch vertreten sind. So war es möglich, die Befunde mehrerer Jahre miteinander zu vergleichen, um dadurch den Witterungsfaktor bei der Beurteilung der Nährstoffprozente der Pflanzen möglichst auszuschalten. Münter fand, daß der Einfluß der Witterung auf die Zusammensetzung der Pflanzen oft größer ist als die Wirkung der Düngung. Aus den Untersuchungsergebnissen von Weizenpflanzen konnte er eine Bestätigung der Ansicht Helmkampfs entnehmen, daß nämlich ein Düngebedürfnis vorliegt, wenn die Pflanze nach einseitiger Düngung ihren Prozentgehalt an diesem Nährstoff erhöht. Doch fand Münter, daß bei einer Volldüngung die Erhöhung nicht einzutreten braucht. Konnte er also dem Vorschlag Helmkampfs, einen Düngungsversuch mit einer ungedüngten und einer Volldüngungsparzelle auszuführen, nicht beipflichten, so war er der Auffassung, daß zwei einseitig gedüngte Parzellen z. B. die N- und die P_2O_5+K_2O-Parzelle im erwähnten Versuch Pflanzen liefern, aus deren Zusammensetzung in sicherer Weise über das Düngebedürfnis des Bodens Auskunft erteilt werden kann. Noch eindeutiger als bei der Untersuchung des Weizens waren die Zahlen, wenn er die Zusammensetzung der Zuckerrüben auf den genannten Parzellen ins Auge faßte. Er kam zu folgenden Beurteilungsregeln:

„Es fehlt dem Boden an Kali, wenn beim Rübenkraut auf der mit Stickstoff gedüngten Parzelle der prozentische Gehalt unter dem des Stickstoffs liegt, bei Berechnung der Verhältniszahlen

[1]) Hall: Bodenanalyse durch die Pflanze. (The Journ. of. Agr. Sc. Cambridge University Press 1905).

[2]) Münter: Pflanzenanalyse und Düngerbed. des Bodens. Journ. f. Landw. 67, 1919, S. 229 u. 68, 1920, S. 207.

unter 100. Es fehlt an Phosphorsäure, ist das Verhältnis von $N : P_2O_5$ weiter als 100 : 20. Ist es auf der P_2O_5+K_2O-Parzelle enger als 100 : 35, fehlt der Stickstoff im Boden. Gesamtmengen von 50 kg N im Rübenkraut oder 100 kg N in Wurzel und Kraut pro ha sind jedoch Voraussetzung. Für Kali steht eine Zahl nicht genau fest, doch ist hinsichtlich der Phosphorsäure zu sagen, daß nicht genügend von diesem Nährstoff im Boden vorhanden ist, wenn die Rübenwurzeln pro ha weniger als 14 kg Phosphorsäure abgeben."

Vergleichende Untersuchungen über die Brauchbarkeit der Pflanzenanalyse und der Bodenanalyse wurden zuerst von Liebscher angestellt und v. Seelhorst[1]) fortgesetzt und veröffentlicht. Diese Forscher mußten aus den Resultaten ihrer Arbeit die Schlußfolgerung ziehen, daß

1. die Pflanzenanalyse unter Voraussetzung gleichartiger Kulturbedingungen, Wärme und Feuchtigkeit und bei gleicher Erntezeit wohl brauchbar sei zur Beurteilung der Düngerbedürftigkeit eines Bodens, denn fast stets stimmte das Ergebnis des Düngungsversuches mit dem der Pflanzenanalyse überein.
2. die Bodenanalyse weniger geeignet ist, über die Düngerbedürftigkeit Auskunft zu geben.

Die Düngungsversuche wurden angestellt in Zinkgefäßen, und zwar mit Haferpflanzen. Bei 1,1% N in der Trockensubstanz, so glaubte v. Seelhorst, sei genügend aufnehmbarer N im Boden vorhanden, für P_2O_5 gab er 0,40 bis 0,41%, für K_2O 1,38 bis 1,53 % der Trockensubstanz als Grenzwerte an.

In ähnlicher Weise sind neuerdings auch Pfeiffer und seine Mitarbeiter[2]) vorgegangen. Auch sie stellten Düngungsversuche in Gefäßen an, wobei sie sich von ihren Vorgängern auf diesem Gebiet dadurch unterschieden, daß sie außer den übrigen Faktoren auch den Faktor „Wasser" durch Berücksichtigung der Hygroskopizität überall gleich setzen. Weder Pflanzen- noch Bodenanalyse wurden von Pfeiffer und seinen Mitarbeitern für geeignet befunden, die Düngerbedürftigkeit der Ackerböden zu ermitteln. Die Bedeutung der erwähnten Maximalzahlen, wie sie Liebscher und v. Seelhorst aufgestellt haben, haben diese Autoren in Frage gestellt. Denn Böden, die bei einer Düngung mit N und K_2O eine verhältnismäßig phosphorsäurearme Erntesubstanz lieferten, reagierten in ihren Versuchen auf die Beigabe von P_2O_5 in manchen Fällen garnicht oder nur durch eine sehr bescheidene Ertragssteigerung, während umgekehrt ein ziemlich hoher Phosphorsäuregehalt der Erntesubstanz gelegentlich durch Düngung mit

[1]) Liebscher — v. Seelhorst: Ermittelung der Düngerbedürftigkeit des Bodens aus der Zusammensetzung der Erntetrockensubstanz. Journ. f. Landw. 46, 1898, S. 367.

[2]) Pfeiffer, Blanck, Simmermacher, Rathmann: Pflanzenanalyse und Bodenanalyse zur Bestimmung d. Nährstoffgeh. der Ackerböden. (Vers.-Stat. 86, 1915, S. 339).

P_2O_5 neben N und K_2O noch eine namhafte Ertragssteigerung ermöglicht hat. Sehr ähnliche Verhältnisse ergeben sich beim Kali.

Dennoch haben Pfeiffer und seine Mitarbeiter[1]) in einer späteren Arbeit den Versuch gemacht, die Beziehungen des Gehaltes der als Beispiel gewählten Haferpflanze zu der durch eine Nährstoffzufuhr erreichbaren Ertragserhöhung auf neuen Grundlagen darzustellen. Durch größere Versuchsreihen fanden sie Ertragskurven für steigende Gaben der drei Hauptnährstoffe, wobei ebenfalls der zugehörige prozentische Gehalt des geernteten Pflanzenmaterials an dem zu prüfenden Nährstoff ermittelt wurde. Am Schluß dieser Arbeit faßt Pfeiffer das Ergebnis der Untersuchungen folgendermaßen zusammen: „Es ist uns gelungen, die theoretische Grundlage, die für den Stickstoff und die Phosphorsäure sowie wahrscheinlich auch für das Kali gilt, klarzustellen, dieselbe gipfelt in dem Satze, daß für diejenigen Punkte von Ertragskurven, bei denen die Steigung dividiert durch den jeweils erzielten Ertrag (die Subtangente) zu denselben Werten führt, die in Frage kommenden Erträge den gleichen prozentischen Nährstoffgehalt aufweisen."

Praktische Bedeutung ist dieser Feststellung, falls durch Nachprüfung ihre Richtigkeit bestätigt werden sollte, deshalb nicht zuzusprechen, weil sie wohl für Gefäßversuche gemacht werden konnte, beim Feldversuch die Verhältnisse aber sehr wohl andere sein können.

2. Die Bodenanalyse als Mittel zur Bestimmung des Düngebedürfnisses.

Während man in Deutschland die chemische Bodenanalyse zunächst zurückgestellt hatte, versuchte man in Frankreich unter Zuhilfenahme der Pflanzenanalyse damit weiterzukommen. Die Methode Joulie[2]) bestand darin, daß die Zusammensetzung des zu untersuchenden Bodens in Vergleich gestellt wurde zu einer „Musterzusammensetzung" des Bodens, d. h. der typischen Zusammensetzung einer fruchtbaren Ackererde, die aus etwa 3000 Bodenanalysen gefunden wurde. Ergaben sich positive oder negative Abweichungen, erteilte Joulie dementsprechend seine Ratschläge für die Düngung. Waren die Pflanzen dennoch mangelhaft ausgebildet, so mußte die Analyse der Pflanzen über den Mißerfolg Aufschluß geben, denn aus 300 höchstvollkommen entwickelten Exemplaren von Weizenpflanzen hatte er ebenfalls eine „Musterzusammensetzung" berechnet. Er will mit seiner Methode gute Erfolge erzielt haben.

Gasparin[3]), Risler und Colomb[4]) suchten ebenfalls Be-

[1]) Pfeiffer, Simmermacher und Rippel: Der Gehalt der Haferpflanzen an Stickstoff, Phosphorsäure und Kali unter verschiedenen Bedingungen und seine Beziehungen zu der durch eine Stickstoffzufuhr bedingten Ertragserhöhung. Journal für Landwirtschaft, 67, 1919, S. 1.

[2]) Joulie: nach Lemmermann: Inaug. Diss. Jena 1897.

[3]) Gasparin: nach Lemmermann: Inaug. Diss. Jena 1897.

[4]) Risler und Colomb: Inwieweit vermag d. chem. Bodenanalyse zur Bestimmung d. Düngungsbed. des Bodens beizutragen. (Wien 1888, übersetzt von E. v. Proskowetz.)

ziehungen aufzufinden zwischen den Ergebnissen der chemischen Bodenanalyse und der Menge der für die Pflanze assimilierbaren Nährstoffe. Die Resultate ihrer Forschungen lassen sich kurz dahin zusammenfassen, daß Böden mit 1% Gesamtstickstoff die unterste mögliche Grenze für den Getreidebau darstellen und die P_2O_5 bei einem absoluten Gehalt von 1% für normale Ernten keiner Zufuhr bedarf. Das Minimum an Kali liegt nach Risler bei 1%, nach Casparin bei 1,25%, nach Joulie dagegen bei 2,5%. Wohltmann[1]), der sich streng an die Arbeitsweise Rislers gehalten hat, kam zu dem gleichen Resultat wie Risler. In dem Maße, wie der Gehalt des Bodens an einem Nährstoff sich diesen Werten anpaßt, soll eine Zufuhr erfolgen bzw. unterbleiben. Über den Wert der Bodenanalyse äußert sich Wohltmann in seiner Schrift „Das Nährstoffkapital westdeutscher Böden“[2]) dahingehend, daß er ihr insofern Bedeutung zumißt, als sie mit Sicherheit erkennen lasse, ob ein Boden so arm ist, daß man ihn mit Pflanzennährstoffen anreichern muß, ob er nur ersatzbedürftig ist oder ob er reich genug ist, um eine Reihe von Jahren keiner Düngerzufuhr zu bedürfen. Um der Praxis einige Winke zu geben, hat Wohltmann an Hand seiner Untersuchungsergebnisse eine Skala aufgestellt, die angibt, in welcher Weise ein Boden in bezug auf sein Nährstoffkapital und sein Düngebedürfnis zu klassifizieren ist. Liebscher[3]) gibt folgende Zahlen für den Kaligehalt der Böden an:

0,15% und weniger: starkes Kalibedürfnis,
0,2—0,5%: mittleres Düngerbedürfnis,
über 0,5%: kein Düngerbedürfnis.

Die Ermittelung des Phosphorsäurebedürfnisses hängt nach seiner Meinung mehr von der Löslichkeit derselben als vom Gesamtgehalt ab. Er findet Beziehungen zwischen dem Gehalt an Sesquioxyden und der Löslichkeit der Phosphorsäure.

Nachdem Lawes und Gilbert[4]) dieses Gebiet in ähnlicher Weise in England bearbeitet hatten, brachte Dyer[5]) 1894 einen neuen Gedanken auf den Plan. Da die bisher angewandten Lösungsmittel viel zu stark seien, wollte er schwächere Lösungsmittel angewandt wissen, denn diese müßten genauer angeben, wieviel von dem absoluten Nährstoffvorrat sich in für die Pflanzen aufnehmbarer Form vorfindet. Er fand, daß eine 1%ige Zitronensäure der Azidität der Pflanzenwurzeln gleichkommen muß, und brachte dieses Lösungsmittel in der Weise zur Anwendung, daß

[1]) Wohltmann: Über den Wert der Bodenanalyse. Landw. Presse, XVI. Jahrgang, Nr. 45.

[2]) Wohltmann: Das Nährstoffkapital westdeutscher Böden. 1. Auflage. (Bonn 1901.)

[3]) Liebscher: Journ. f. Landw. Untersuchungen über die Bestimmung des Düngerbedürfnisses der Ackerböden und Kulturpflanzen. 43, 1895, S. 49.

[4]) Lawes u. Gilbert: Nach Lemmermann, Inaug. Diss. 1897.

[5]) Dyer: Über die analyt. Bestimmung der wahrscheinl. assimilierten Pflanzennährstoffe im Boden. Zentralblatt f. Agrikulturchemie 23, 1894, S. 399.

er 2 l auf 200 g Feinerde nach Absättigung der vorhandenen Karbonate bei 15° C unter 400 maligem Umschütteln einwirken ließ. Indem er bekannte Parzellen der Versuchsfelder in Rothamsted untersuchte, stellte er fest, daß sich durch die Bestimmung der zitronensäurelöslichen Phosphorsäure viel feinere Unterschiede ergeben als durch das Ermitteln der Gesamt-P_2O_5. Ein Vergleich mit den erzielten Erntemassen führte ihn zu der Ansicht, daß ein Boden Bedürfnis an P_2O_5 zu erkennen gibt, wenn er nur 0,01% an in 1%iger Zitronensäure löslicher Phosphorsäure enthält. Durch die Beobachtung, daß gleichartige Böden mit gleichem absoluten P_2O_5-Gehalt verschieden große Mengen an dieselbe Pflanze abgaben, kam auch Maercker[1]) zur Anwendung schwächerer Lösungsmittel. Zitronensaure Ammoniaklösung nach Petermann brachte den Wirkungswert der P_2O_5 gut zum Ausdruck, die 1%ige Zitronensäure brachte jedoch noch bessere Resultate, wenn auch Wirksamkeit und Löslichkeit nicht vollständig übereinstimmten.

Daß der an zitronensäurelöslicher Phosphorsäure reichste Boden auch die phosphorsäurereichsten Pflanzen produziert, wurde von Gerlach[2]) nachgewiesen. O. Kellner[3]) vertrat die Meinung, daß nur die adsorptiv gebundenen Anteile der im Boden vorhandenen Kali- und Kalkmengen den Pflanzen zugänglich seien, und er benutzte zu ihrer Bestimmung eine gesättigte Salmiaklösung. Vergleichende Extraktionen mit 10%iger H Cl, 20%iger Zitronensäure und 2%iger Zitronensäure hat zuerst Januzeweski[4]) ausgeführt und gefunden, daß die Menge, die eine 2%ige Zitronensäure dem Boden zu entziehen vermochte, am ehesten der Wirklichkeit entspricht. Er betont, daß der Boden keine kristallisierte Verbindung ist und man deshalb von einer solchen Analyse nicht allzu große Genauigkeit erwarten kann, „nicht allein die Konzentration der Lösungsmittel bedingen die Nährstoffmenge, die aus dem Boden extrahiert wird, sondern auch die Bindungsform".

Einen neuen Fingerzeig, verdünnte Salzsäure in verschiedenen Konzentrationen zu verwenden, gaben die Arbeiten von Nilson und Eggertz[5]). Sie stellten fest, daß fruchtbare Ackererde durch Extraktion mit H Cl und darauffolgendem Auswaschen vollständig steril wurden, und zwar für Gerste bei einer Konzentration von 2%, für Hafer bei 4%. Lemmermann[6]) versuchte daraufhin,

---

[1]) Maercker: Bericht über die Tätigkeit des agr. chem. Versuchsst. im Jahre 1890 (Ztschr. des landw. Zentralv. der Prov. Sachsen 1891, 4, S. 111).

[2]) Gerlach: Über das Verhalten d. wasserlösl. P_2O_5 gegen absorb. Bestandt. d. Bodens. Landw. Vers.-Stat. 46, 1885, S. 202.

[3]) Kellner, Landw Vers.-Stat. 33, 1887, S. 359.

[4]) Januzewski: Über die Pflanzen- und Bodenanal. Inaug. Diss. Leipzig 1895.

[5]) Nilson und Eggertz: Sitzung der Sektion für Agrikulturchemie und landw. Versuchswesen. Landw. Vers.-Stat. 38, 1891, S. 343.

[6]) Lemmermann: Beiträge zur Lösung der Frage, inwieweit die Pflanzen- u. Bodenanalyse imstande ist, über das Kalibedürfnis eines Bodens Aufschluß zu geben usw. Inaug. Diss. Jena 1897.

mit HCl das aufnehmbare Kali zu bestimmen, indem er Konzentrationen von $^1/_{16}$, $^1/_4$, $^1/_2$, 1 und 5%iger HCl einwirken ließ. Aus den Ergebnissen konnte er aber keine Bestätigung dessen finden, was Nilson und Eggertz festgestellt hatten. Teilweise traten sogar Wirkungen in entgegengesetzter Richtung ein, was Lemmermann darauf zurückführte, daß die auf den Boden einwirkende Säure gewisse Kaliverbindungen aufgeschlossen hat.

Außer den angeführten Verfahren sind, wie König[1]) angibt, noch Vorschläge zur Bestimmung der von den Pflanzen aufnehmbaren Nährstoffe gemacht worden von A. v. Rümpler, der zur Ermittelung des aufnehmbaren Kalis Kalkwasser oder eine 2%ige Chlorkalziumlösung empfiehlt, von Schlöning und Sigmond, die mit 0,1%iger Salpetersäure Versuche anstellten und diese für gut befanden, von Bogdanow, der mit 2%iger Essigsäure und von Reverlin, der mit Oxalsäure arbeitete, Petermann endlich hat die Dialyse in Vorschlag gebracht.

Mit verdünnter Salpetersäure arbeitete auch Sigmond[2]). Er kam zu dem Ergebnis „daß die Bodenphosphate durch eine gehörig verdünnte Salpersäurelösung in zwei in ihrer Löslichkeit streng unterscheidbare Gruppen geteilt werden können". Die Grenze zwischen den beiden Gruppen fand er bei 200 bis 1000 mg N_2O_5 pro 1 Liter der Bodenlösung, innerhalb welcher Aziditätsstufen die Zunahme praktisch unbedeutend ist. Böden mit 75—80 mg P_2O_5 pro 100 g Boden bedürfen keiner P_2O_5-Düngung, solche mit geringeren Mengen an P_2O_5 müssen zur Bestimmung des Düngebedürfnisses in Unterabteilungen zerlegt werden gemäß ihrer Basizität. Die Basizität drückte Sigmond aus in mg N_2O_5, die zur Titrierung von 25 g Boden benutzt werden. Es wird nämlich nach seinen Befunden die Assimilierbarkeit der Bodenphosphate durch die Basizität bedeutend herabgesetzt. Er weist darauf hin, daß die Grenzwerte nicht allgemein gültig sein können, daß vielmehr für jeden Bodentypus leicht entsprechende Werte aufzustellen sind. Für neutrale und basische Böden glaubt der Verfasser nach seiner Methode den wirksamen Teil der P_2O_5 bestimmen zu können.

Gedroiz[3]) verglich insbesondere die Wirkungen der 2%igen Essigsäure und der 2%igen Zitronensäure und fand, daß die Löslichkeit der Nährstoffe in diesen Säuren nicht parallel ging zu ihrer Aufnahme durch die Pflanze, daß die 2%ige Zitronensäure jedoch bessere Resultate lieferte als die Essigsäure.

Von der Ansicht ausgehend, daß die Pflanzenwurzel als Produkt der Atmung wie an allen übrigen Pflanzenteilen in erster Linie

---

[1]) König: Bestimmung der Fruchtbarkeit und des Nährstoffbedürfnisses der Ackerböden. Landw. Vers. Stat. 61, 1905, S. 371.

[2]) Sigmond: Über die praktische Bedeutung der Bodenanalyse. Zeitschrift für landw. Versuchswesen in Österereich. Nr. 10, 1907, S. 58.

[3]) Gedroiz: Die chem. Methoden zur Bestimmung der Fruchtbarkeit der Böden in bezug auf Phosphorsäure. Zentralbl. für Agrikulturchem. 33, 1904, S. 145.

CO_2 ausscheide und diese bei der Lösung der Nährstoffe im Boden deshalb die ausschlaggebende Rolle vor den sonst vorkommenden organischen Säuren spiele, benutzte Mitscherlich[1]) CO_2-haltiges Wasser als Extraktionsmittel. Er versetzte 100 g Boden mit 2000 ccm Wasser bei 30° C unter ständigem Einleiten von Kohlensäure. Nach 10 bis 20stündigem Rühren wurden aus dem Filtrat die Nährstoffe: Stickstoff, Phosphorsäure und Kali bestimmt. Mitscherlich glaubte damals auf Grund seiner Versuchsergebnisse an diese Methode sehr weitgehende Hoffnung knüpfen zu dürfen. Wenn er schreibt: „Wonach wir lange gesucht haben, nämlich eine Bodenanalyse, um den Gehalt eines Bodens an aufnehmbaren Pflanzennährstoffen festzustellen, ist in unserer Methode gefunden," oder an anderer Stelle[2]): „Das Maximum der unseren Kulturpflanzen zur Verfügung stehenden Salze des Bodens bilden somit die in mit Kohlensäure gesättigtem Wasser gelösten Salze", so geht er in seinen Behauptungen hier, wie sich bald herausstellte, zu weit.

Diese Methode der Behandlung der Böden mit CO_2haltigem Wasser wurde von Lemmermann[3]) einer Nachprüfung unterzogen. Statt der einmaligen Extraktion redete er jedoch einer wiederholten Einwirkung des Lösungsmittels das Wort, weil er glaubte, so den physiologischen und biologischen Vorgängen im Boden im Verlaufe einer Vegetationsperiode näher zu kommen. Er kam aber dennoch zu unbrauchbaren Ergebnissen, so daß er, nachdem auch Mitscherlich ihre Unzugänglichkeit eingestanden hatte, mit dieser Methode brach.

Die Untersuchungen von König[4]) auf diesem Gebiete sind sehr umfangreich und beachtenswert. Durch Vergleich der verschiedenen Lösungsmittel, auf verschiedene Böden angewandt, fand er, daß sich die Lösungsmittel gegen die einzelnen Bodenarten nicht gleich verhalten, d. h. keine regelmäßigen Beziehungen aufweisen. Nach König ist das damit zu erklären, daß die Bindungsform der Nährstoffe in den Bodenarten recht verschieden ist und diese sich wiederum gegen die Lösungsmittel verschieden verhalten. Versuche mit 2%iger Zitronensäure ließen einmal erkennen, daß auch die schwerlöslichen Bodenbestandteile von ihr in nicht unwesentlichem Grade angegriffen werden, sodann aber, daß ein künstliches Bodengemisch und ein Naturboden, die er Kali und Phosphorsäure hatte adsorbieren lassen, die adsorbierten Nährstoffe im großen und ganzen wieder abgaben, unter Um-

[1]) Mitscherlich: Die chemische Bodenanalyse für pflanzen-physiologische Forschungen. Landw. Jahrb. 36, 1907, S. 309.

[2]) Mitscherlich: Die chemische Bodenanalyse für pflanzen-physiologische Forschungen. Landw. Jahrb. 36, 1907, S. 310.

[3]) Lemmermann: Zur Frage der Ermittlung des Düngungsbed. der Böden mit Hilfe der Bodenanalyse. Landw. Vers.-Stat. 83, 1914, S. 345.

[4]) König: Bestimmung der Fruchtbarkeit und des Nährstoffbedürfnisses des Ackerbodens. Landw. Vers.-Stat. 61, 1905, S. 371.

ständen ein Teil derselben aber von der Zitronensäure nicht angegriffen wurde. Um zu genaueren Vorstellungen zu kommen, in welchem Grade die von der 2%igen Zitronensäure gelösten Nährstoffe von den Pflanzen aufgenommen werden bezw. in welchem Verhältnisse diese Mengen zu einander stehen, stellte er Vegetationsversuche in Gefäßen mit verschiedenen Böden an. Er fand, daß die 2%ige Zitronensäure aus den Böden bei weitem mehr Nährstoffe aufnimmt, als die Gerstenpflanzen, und zwar verhalten sich die Prozentmengen bei den einzelnen Bodenarten verschieden. Durch Vergleich dieser Versuchsergebnisse mit solchen, die er mit Hülsenfrüchten anstellte, trat hervor, daß auch die einzelnen Kulturpflanzen sich bezüglich der Ausnutzung der durch die 2%ige Zitronensäure gelösten Nährstoffe verschieden verhalten.

Trotz dieser Feststellung hielt König dieses oder ein anderes Lösungsmittel für geeignet, die Ausnutzungsfähigkeit der Bodennährstoffe anzuzeigen, wenn das Verhältnis der darin löslichen Menge an Nährstoffen zu den von den Pflanzen aufgenommenen Mengen für die gleichartigen Böden und dieselben Pflanzen immer dasselbe sei. Zur Ermittelung eines Lösungsmittels, das der Wirkung der Pflanzenwurzel möglichst nahe kommt, unterzogen König und seine Mitarbeiter[1]) nochmals die Wirkung von 2%iger Zitronensäure, 2%iger Ammonzitratlösung, 1%iger Essigsäure, 10%iger und 1%iger Ammoniumchloridlösung sowie von CO_2-haltigem Wasser einer Prüfung. Sie fanden, daß zur Feststellung des leichtlöslichen Kalis sämtliche Lösungsmittel gleich gut geeignet sind, für Phosphorsäure sich aber besonders 2%ige Zitronensäure oder Ammonzitrat empfiehlt. „Am einfachsten und für alle Fälle brauchbar ist eine Lösung von Zitronensäure."

Die Forschungen Königs und seiner Mitarbeiter auf diesem Gebiet führten zu einer besonderen Methode[2]), die bisher nicht als unrichtig nachgewiesen wurde und der deshalb neben den übrigen in den letzten Jahren veröffentlichten Methoden zur Bestimmung des Düngerbedürfnisses Beachtung zu schenken ist.

Das Verfahren setzt die Kenntnis von drei Größen voraus:

1. Die Nährstoffmenge, die einem Boden durch eine Vollernte entzogen wird.

2. Den Gehalt des Bodens an leichtlöslichem, d. h. für die Pflanzen aufnehmbaren Nährstoffen.

3. Die prozentuale Ausnutzung dieser Nährstoffe durch die verschiedenen Kulturpflanzen auf den verschiedenen Böden.

---

[1]) König und Mitarbeiter: Das Verhalten der organischen Substanz des Bodens und der osmotische Druck desselben. Landw. Vers.-Stat. 69, 1908, S. 1.

[2]) König u. Hasenbäumer: Die Ermittelung des Düngungsbed. des Bodens. Zeitschr. f. Pfl.-Ern. u. Dg. 1924, B. S. 497 u. 1926 B. S. 443.

Als Lösungsmittel werden benutzt: 1%ige Zitronensäure für P_2O_5 und N und auch für K_2O, daneben für N 1%ige Kaliumsulfatlösung, für K_2O außerdem 10%ige Chlorammoniumlösung und das Dämpfen bei 5 Atm. Druck. — Zur Feststellung von Ernteerträgen sowie Menge, Verhältnis und Leistung der Nährstoffe haben die Verfasser langjährige Versuche herangezogen, die mit verschiedenen Kulturpflanzen auf allen möglichen Bodenarten ausgeführt wurden. Diese Versuche gaben zugleich das Material ab für die Berechnung der prozentualen Ausnutzung eines Nährstoffes (Ausnutzungskoëffizient). Dieser Ausnutzungskoëffizent ergibt sich als die aus einem Bodenvolumen von der Pflanze aufgenommenen Menge dieses Nährstoffes, ausgedrückt in Prozenten von der aus diesem Bodenvolumen durch das Lösungsmittel extrahierten Nährstoffmenge, ist also je nach Pflanze und Boden für ein Lösungsmittel verschieden groß. Mit Hilfe der gefundenen Ausnutzungskoëffizienten und der für 1 kg Boden aufgenommenen Nährstoffmenge berechnet man weiter aus einer Ernte, ob für den Anbau einer in Aussicht genommenen Frucht genügend lösliche Nährstoffe für eine Vollernte enthalten sind. Sie fanden, daß der Boden genügend mit Nährstoffen versorgt ist, wenn in 1%iger Zitronensäure folgende Mengen löslich sind:

Stickstoff	Phosphorsäure	Kali
150 mg	250 mg	160 mg je kg Boden.

Ergibt die Behandlung des Bodens mit 1%iger Zitronensäure geringere Mengen, z. B. nur 130 mg N, so würden für 1 kg Boden 20 mg fehlen, für 1 ha (bei 20 cm Tiefe = 3000000 kg Boden) 20 mg mal 3000000 kg = 60 kg N oder rund 3 Dz schwefelsaures Ammoniak. Das Verfahren ist somit auch zur Berechnung der Höhe eines etwaigen Fehlbetrages an einem der drei wichtigsten Nährstoffe sehr einfach und schnell genug ausführbar.

Lemmermann[1]) hielt zunächst lange Zeit an der Behandlung der Böden mit verdünnter Salzsäure fest, erkannte sie dann auch als unbrauchbar und befaßte sich mit der oben erwähnten CO_2-Methode. Als auch diese sich als mangelhaft erwies, wandte er sich eingehenden Versuchen für den Vergleich zwischen chemischer Analyse mit verdünnten Säuren und pflanzenphysiologischer Aufnahme zu. Man hatte erkannt, daß beim Vegetationsversuch, von dem man auszugehen hatte, die physikalischen Eigenschaften des Bodens die Aufnahme der Bodennährstoffe beeinflussen, daß also Böden mit gleichem Gehalt an assimilierbaren Nährstoffen ganz verschieden große Nährstoffmengen abgeben, je nachdem die Ernten höher oder niedriger ausfallen. Die störenden Einflüsse

[1]) Lemmermann, Einicke und Förster: Untersuchungen über d. Kalkbed. d. Ackerböden auf Grund von Bodenuntersuchungen u. Vegetat.-Vers. Landw. Jahrb. 40, 1911, S. 255.

suchte Lemmermann[1][2]) auszuschalten, indem er die Bodenproben mit größeren Sandmengen vermischte. Um die Zugänglichkeit der Bodenphosphorsäure für die Pflanzen in den verschiedenen Böden zu prüfen, wurden in die Gefäße außer reinem Sand soviel Boden gegeben, daß sie die gleichen Mengen Gesamtphosphorsäure enthielten. Sie wurden also mit Phosphorsäure in Gestalt von Boden gedüngt, wobei sich die zugesetzten Bodenmengen zwischen 58,3 und 351 g bewegten, gegen die Sandmengen von etwa 7 kg also völlig zurücktraten. Nachdem die übrigen Wachstumsfaktoren in allen Gefäßen optimal gleichgesetzt waren, konnte aus den verschieden hohen Ernten die Löslichkeit der Phosphorsäure entnommen werden.

Die Erntezahlen wurden in Vergleich gesetzt mit der „relativen Löslichkeit". Diese relative Löslichkeit ergibt sich je nach dem Lösungsmittel als Prozentgehalt der in ihm gelösten Mengen eines Nährstoffes von seiner Gesamtmenge in einer Bodeneinheit. Als Lösungsmittel untersuchten Lemmermann und Mitarbeiter 10%ige HCl, 1%ige Zitronensäure und verdünnte Salpetersäure. Essigsäure erwies sich als unbrauchbar, weil bei längerem Einwirken die gelösten Mengen nicht zu-, sondern abnahmen. Bei Verwendung 1%iger Zitronensäure zeigte sich, daß die relative Löslichkeit mit dem Wirkungswert der Bodenphosphorsäure stieg bezw. fiel.

Zur technischen Durchführung der Behandlung mit Zitronensäure ist zu sagen, daß die von Lemmermann angewandte Tropfmethode bessere Angaben machte als die Schüttelmethode nach Berju[3]). Bei der Tropfmethode ließ Lemmermann in zylinderischen Gefäßen aus Glas durch 500 g Sand und 100 g Boden 30 l 1%ige Zitronensäure durchtropfen (in 40—48 Stunden etwa 3 l). Die Zitronensäure wurde in 10 Fraktionen aufgefangen und jedesmal die in Lösung gegangene P_2O_5 bestimmt. Aus Mangel an Hilfskräften mußte Lemmermann von dieser Methode zu der leichter ausführbaren Schüttelmethode übergehen. Es werden hier 100 g Boden mit 1000 ccm 1%iger Zitronensäure am ersten Tage sechs Stunden, am zweiten Tage zwei Stunden geschüttelt, danach wird filtriert und zum Zwecke der P_2O_5 = Bestimmung eine Menge des Auszuges, die 80 g Boden entspricht, benutzt.

Mit 15 Bodenarten angestellte Versuche zeigten, daß die für die relative Löslichkeit gefundenen Werte mit denen des Ertrages im allgemeinen im gleichen Sinne verlaufende Beziehungen aufwiesen, jedoch nicht in allen Fällen[4]). Die Untersuchungsergebnisse aus

---

[1]) Lemmermann: Zur Methodik d. Vegetat.-Vers. Landw. Vers.-Stat. 85, 1914, S. 147.

[2]) Lemmermann, Einicke u. Förster: (Landw. Vers.-Stat. 55, 1901, S. 19.) Fresenius: Unters. über d. Festl. d. Wirkungsw. usw. Vers.-Stat. 89, 1917. 86.

[3]) Berju: Ein Beitrag zur Methode der chem. Bodenuntersuchung. Landw. Vers.-Stat. 55, 1901, S. 19.

[4]) Lemmermann, Einicke und Fresenius: Untersuchungen über die Feststellung des Wirkungswertes d. Bodennährst. P_2O_5 und K_2O durch den Vegetat. Vers. u. d. Best. ihrer relativen Lösl. d. Säuren Landw. Vers.-Stat. 89, 1917, S. 116.

späteren Versuchen standen mit diesen im Einklang. Bei ihrer Veröffentlichung äußert Lemmermann noch einige Bedenken, ob die bei den Gefäßversuchen aufgenommenen P_2O_5 = Mengen als Basis für die Assimilierbarkeit der Bodenphosphorsäure im Naturboden dienen können, trotzdem hält er die relative Löslichkeit für geeignet, ein zutreffendes Urteil über die Verhältnisse der pflanzenlöslichen Nährstoffe im Boden zu gewinnen und stellt deshalb diese Methode über solche, die die Beziehungen zum absoluten Nährstoffgehalt vermissen lassen. Lemmermann bezeichnet die leichtlöslichen Nährstoffe im Gegensatz zum Gesamtnährstoffgehalt als dessen Zinsen; die relative Löslichkeit ist dann ein Gradmesser für die Flüssigkeit des Kapitals[1]). Für die Versuche von Schneidewind[2]) betr. P_2O_5, wobei dieser ebenfalls eine Bestimmung der Gesamtphosphorsäure und der zitronensäurelöslichen Phosphorsäure vornahm, um zu zeigen, daß die zitronensäurelösliche Phosphorsäure das Düngebedürfnis besser zum Ausdruck bringt als die im Boden gefundene Gesamtphosphorsäure, weist Lemmermann nach, daß die Verhältnisse durch die relative Löslichkeit noch klarer wiedergegeben werden[3]). Zum Vergleich mit den von Neubauer nach seiner Keimpflanzenmethode gefundenen Zahlen auf einigen Versuchsparzellen des Dahlemer-Versuchsfeldes wurden die Zahlen für die relative Löslichkeit ermittelt. Es stellte sich heraus, daß in diesen Zahlen der Düngungszustand der Parzellen, die Neubauer als klassische Beispiele bei seiner Veröffentlichung heranzog, ebenfalls sehr gut zum Ausdruck kam.

Da die Parzelle „Volldüngung ohne P_2O_5“ dieses Versuches eine relative Löslichkeitszahl von etwa 25 ergab, durch Beobachtung in den letzten Jahren weiterhin festgestellt war, daß der Boden auf P_2O_5 schwach zu reagieren begann, bezeichnet Lemmermann eine relative Löslichkeit von 25 als „Grenzwert“. Neubauer hatte nach seiner Keimpflanzenmethode für diesen Boden 8 mg P_2O_5 gefunden und diese Zahl auf Grund seiner sonstigen Untersuchungsergebnisse auch als Grenzwert bezeichnet. In dieser ersten Veröffentlichung bringt Lemmermann also zum Ausdruck, daß er einen Boden als genügend mit P_2O_5 versorgt ansieht, wenn 25% der Gesamtphosphorsäure in 1%iger zitronensäurelöslich sind.

Auf die weiteren Versuchsergebnisse mit dieser Methode, die von Lemmermann und anderen bekannt gegeben wurden, wird im nächsten Teil der Arbeit eingegangen. Hier sei noch gesagt, daß Lemmermann in einer anderen Veröffentlichung[4]) seine

---

[1]) Lemmermann: Mitteil. der D. L. G. 1926 Stück 12, (Ber. d. Febr.-Tagung).

[2]) Schneidewind: Ernährung d. landw Kulturpfl. 1917, S. 191.

[3]) Lemmermann u. Fresenius: Ueber d. Best. d. rel. Lösl. d. Bodenphosphors. Zeitschr. f. Pflanzenernährung und Düngung A 1923. S. 363.

[4]) Lemmermann: Die Zitronensäure-Methode zur Bestimmung des Düngerbedürfnisses der Böden (Bericht auf der Tagung der Agrikulturchemiker in Würzburg) Zeitschrift für Pflanzenernährung- und Düngung B 1925, S. 37.

Methode insofern vervollständigt hat, als er mit König 20 mg als Grenzzahl angibt für den Mindestgehalt eines Boden an in Zitronensäure löslicher Phosphorsäure, für die relative Löslichkeit außerdem an der Zahl 25 als Grenzzahl festhält.

3. Bestimmungsmethoden des Düngerbedürfnisses auf pflanzenphysiologischer Grundlage.

Sind die vorstehend angeführten Methoden zur Bestimmung des Düngebedürfnisses lediglich auf der chemischen Analyse, sei es der Pflanze, sei es des Bodens, begründet, so seien jetzt noch einige Verfahren erwähnt, die auf pflanzenphysiologischer Grundlage beruhen.

Greisenegger und Vorbuchner[1]) ließen 50 Pflänzchen in kleinen Gefäßen auf einer geringen Bodenmenge wachsen und suchten aus der Analyse der jungen Pflanzen und aus dem Grad der Erschöpfung vor der Ernte, die nach 35 Tagen erfolgte, die fehlenden Nährstoffe zu ergründen. Der von ihnen eingeschlagene Weg wurde nach ihnen von anderer Seite deshalb nicht beschritten, weil inzwischen Neubauer[2]) ein ähnliches, aber vollkommeneres Verfahren bekanntgab. Unabhängig von der Arbeit der genannten Forscher brachte Neubauer seine Keimpflanzenmethode heraus. Von der Ansicht ausgehend, daß zur Bestimmung der in einem Bodenvolumen für die Pflanzen leicht zugänglichen Nährstoffmengen die Pflanze selbst das geeignetste Mittel sei, läßt Neubauer ebenfalls eine große Zahl von Keimpflanzen (100) in einer kleinen Bodenmenge von 100 g wachsen. Die Pflänzchen sind dann imstande, die Erdmenge vollständig zu durchdringen und die wurzellöslichen Nährstoffmengen aufzunehmen. Durch Vermischen des Bodens mit Sand wird der Einfluß der verschiedenen physikalischen Beschaffenheit der Böden ausgeschaltet und gleichmäßiges Eindringen der Wurzeln in den Boden gesichert. Die Vegetationsdauer begrenzt Neubauer auf 14 bis 18 Tage, da zu diesem Zeitpunkt Welkeerscheinungen eintreten und unter den gegebenen Bedingungen dann die Wachstumsgrenze erreicht ist. Die in den Pflänzchen durch Analyse gefundenen Mengen an Phosphorsäure und Kali geben Auskunft über die Düngerbedürftigkeit des Bodens an diesen Nährstoffen. Durch Vergleich mit Freilandversuchen fand Neubauer, daß ein Boden mit ausnutzbaren Nährstoffen genügend versorgt ist, wenn die Keimpflanzen aus 100 g Boden 24 mg K_2O und 8 mg P_2O_5 aufgenommen haben. An späterer Stelle[3]) hat Neubauer angegeben, wie sich rein

---

[1]) Greißenegger und Vorbuchner: Feststellung d. Düngerbedürfn. durch Bodenerschöpfung. Zentralbl. f. Agrik.-Chemie 50, 1921, S. 83.

[2]) Neubauer u. Schneider: Die Nährstoffaufnahme der Keimpflanzen und ihre Anwendung auf die Bestimmung des Nährstoff.-Gehalts der Böden. Zeitschr. f. Pflanzenernähr. und -Düng. 1923 A S. 329.

[3]) Neubauer: Die Nährstoffaufnahme der Keimpflanzen und ihre Anwendung auf die Bestimmung des Nährstoff-Gehalts der Böden. Jll. Landw. Zeitung 1925, Nr. 15.

rechnerisch aus dem Gehalt der Ernten an diesen Nährstoffen Grenzzahlen für die einzelnen Kulturpflanzen ergeben. Er geht davon aus, daß die Keimpflanzen die fünffache Nährstoffmenge im Vergleich zu den Feldpflanzen aufnehmen und multipliziert deshalb den Gehalt der Ernte mit 5. Unter der Annahme, daß 1 mg des in den Keimpflanzen gefundenen Nährstoffs 30 kg pro ha entspricht, dividiert er durch 30. Er erhält dann folgende Grenzzahlen für P_2O_5:

Gerste und Hafer	6 mg	P_2O_5
Weizen und Roggen	8 „	„
Kartoffeln	9 „	„
Zuckerrüben	10 „	„

Vor Neubauer selbst ist eine derartige Modifizierung der Grenzzahlen für die einzelnen Kulturpflanzen bereits von Roemer und seinen Mitarbeitern[1]) vorgenommen worden. Auf Grund des Vergleichs mit 32 Düngungsversuchen in Versuchsringen sind diese der Meinung, daß ein Boden bedürftig ist

beim Anbau von	einer Düngung an: Phospors.	Kali
Hafer	unter 4 mg P_2O_5	20 mg K^5O
Gerste	„ 6 „ „	30 „ „
Kartoffeln	„ 6 „ „	40 „ „
Zuckerrüben	„ 8 „ „	30 „ „

Bei der Nachprüfung des Neubauerschen Verfahrens hat sich gezeigt, daß es eine sehr exakte Durchführung verlangt, da sonst nicht einmal dieselben Böden, in verschiedenen Versuchsstationen untersucht, annähernd zu gleichen Zahlen führen. Daß man über die Brauchbarkeit dieser Methode, d. h. die Übereinstimmung ihrer Ergebnisse mit Feldversuchsergebnissen an verschiedenen Forschungsstätten sehr geteilter Meinung ist, dürfte darin z. T. seine Erklärung finden.

Wesentlich umständlicher in seiner Durchführung ist das neue Verfahren von Mitscherlich[2]), der mit Hilfe des Vegetationsversuchs in Gefäßen Auskunft gibt auf folgende Fragen:

1. Wieviel Nährstoffe stehen den Pflanzen in einem Boden zur Verfügung?
2. Welche Nährstoffmengen sind dem Boden zuzuführen, um den Ertrag in einer bestimmten Weise zu steigern?

Die Methode beruht auf zwei wesentlichen Grundlagen, auf dem Wirkungsgesetz der Wachstumsfaktoren von Mitscherlich und auf seinen Untersuchungen über den Wirkungswert der Nährstoffe. Das Wirkungsgesetz der Wachstumsfaktoren besagt, daß der Pflanzenertrag (y) proportional dem an einem Höchstertrage (A)

[1]) Roemer, Dirks u. Günther: Neubauer-Analyse im Vergl. zu Felddüngungsvers. Jll. Landw. Zeitung, 1924, Heft 3.

[2]) Mitscherlich: Die Bestimmung d. Düngerbed. des Bodens. Berlin. Parey 1924.

fehlenden Ertrage mit der Zufuhr eines Wachtumsfaktors (x) steigt, oder in einer logarithmischen Gleichung ausgedrückt:

$$\log (A-y) = \log A - c.(x+b),$$

in der c den Wirkungswert des Nährstoffes, b die bereits im Boden vorhandene Menge, x die im Düngermittel angewendete Menge dieses Nährstoffes bedeutet.

Wird ohne Nährstoffzufuhr, also auf Grund der Nährstoffmenge b im Boden, der Ertrag y_0 erzielt, so ist $\log (A-y_0) = \log A - c \cdot b$.

Da y und y_0 als die mit und ohne Düngung (x) gefundenen Erträge, ferner x und der zugehörige Wirkungsfaktor bekannt sind, berechnet man aus den beiden Gleichungen den Höchstertrag (A), desgleichen durch Einsetzen von A in eine der genannten Gleichungen b.

Für den Wirkungsfaktor (c) hat Mitscherlich experimentell und Baule[1]) mathematisch bewiesen, daß er für die gleiche Menge eines Nährstoffes bzw. Wachstumsfaktors unter allen Umständen, also für alle Böden und Witterungsverhältnisse, stets gleich sei, daß demnach jedem Nährstoff sein bestimmter Wirkungsfaktor zukomme.

Ein schwacher Punkt des Verfahrens, den Mitscherlich selbst als solchen bezeichnet, ist die Übertragung der Ergebnisse aus den Gefäßversuchen auf das freie Land. In den Gefäßen, die 14 cm Bodenschicht aus der Ackerkrume enthalten, sind alle tieferen Schichten (Untergrund), die für die Ernährung der Pflanzen ebenfalls in Betracht kommen, nicht berücksichtigt. Durch Vergleich zwischen Vegetations- und Freilandversuchen hat Mitscherlich gefunden, daß bei letzteren den Pflanzen die doppelte Menge an einem Nährstoff zur Verfügung steht. Deshalb hält er es für zulässig, in allen Fällen und für alle Böden die aus den Vegetationsgefäßen gefundene Menge an einem Nährstoff auf Doppelzentner pro ha umzurechnen und mit 2 zu multiplizieren. Durch Aufstellen von sogenannten Ertragstafeln hat Mitscherlich das weitere Rechnen dem Versuchsansteller erspart, denn es ist daraus zu entnehmen, wieviel Prozent des Höchstertrages durch die im Boden gefundene Menge und durch weitere Düngung geerntet werden. Der Vorteil der Methode gegenüber den chemischen und sonstigen biologischen Methoden liegt darin, daß sie die Umsetzungen, welche die Pflanze während ihrer ganzen Vegetationszeit in sich und im Boden durchmacht, erfaßt. Daß sie aber an die Vegetationszeit gebunden ist, und demnach nur angeben kann, wie der Boden im Untersuchungsjahr gewesen, stellt diese Methode hinter die schnell durchführbaren zurück. Zwar wird durch sie auch das N-Bedürfnis des Bodens angegeben, doch ist es gerade dieser Nährstoff, der von Jahr zu Jahr die größten Schwankungen aufweist, im übrigen aber auf dem größten Teil der Mineralböden sich am meisten im Minimum befindet.

[1]) Baule: Wirkungsgesetz und Wachstumsgesetz. Landw. Jahrb. 1924, 59, S. 341.

Für die Übertragung der Ergebnisse dieser Methode auf den ganzen Plan ist unbedingte Voraussetzung, daß die untersuchte Probe eine gute Durchschnittsprobe des betr. Schlages ist. Doch trifft dieses in gleichem Maße für die übrigen Methoden zu, bei denen von einer Bodenprobe ausgegangen wird.

Auch der Freilanddüngungsversuch, den Mitscherlich anlegt als Nährstoffmangelversuch mit 4 Parzellen: KPN, KP, PN, und N K-Parzelle, wertet er so aus, daß er mit Hilfe des Wirkungsgesetzes der Wachstumsfaktoren den Höchstertrag berechnet, aus diesem die im Boden vorhandene Menge an einem Nährstoff und die Düngermenge, die zugeführt werden muß, um den Ertrag auf eine bestimmte Höhe zu bringen.

Beim Feldversuch ist außer dem, daß er zu sehr von den Witterungsverhältnissen in einem Jahr abhängig ist, ein großer Übelstand, daß das Ergebnis einer kleinen Fläche, auf der der Versuch angestellt wird, auf das ganze Feld übertragen werden muß. Sein großer Vorteil ist jedoch, daß er auch die Untergrundverhältnisse mit berücksichtigt, und allein aus diesem Grunde ist er für die Nachprüfung der sogenannten Schnellmethoden unbedingt heranzuziehen, denn nur so kann die Verbindung hergestellt werden zwischen Laboratorium und den Verhältnissen, wie sie durch die Natur gegeben sind. Deshalb wurden Ergebnisse aus Freilandversuchen nach Mitscherlich herangezogen, um die nach der Neubauer-Methode sowie nach der Zitronensäure-Methode gefundenen Zahlen mit den Ergebnissen dieser Versuche in Vergleich zu stellen.

II. Teil.

Nachprüfung der Keimpflanzenmethode nach Neubauer und der Zitronensäuremethode nach Lemmermann.

1. Die bisher veröffentlichten Arbeiten mit dem gleichen Ziel.

Vor Erörterung der eigenen Untersuchungen sei kurz auf die gerade in jüngster Zeit zahlreich veröffentlichten ähnlichen Arbeiten auf diesem Gebiet hingewiesen. Es ist keineswegs verwunderlich, daß an zahlreichen agrikulturchemischen Forschungsstätten, nachdem Neubauer und Lemmermann ihre Methoden zur Bestimmung des Düngerbedürfnisses der Böden herausgebracht hatten, Arbeiten in Angriff genommen wurden, um diese Verfahren hinsichtlich ihrer Brauchbarkeit und allgemeinen Anwendbarkeit in der Praxis einer genauen Nachprüfung zu unterziehen. So ist von Beginn der eigenen Untersuchungen an bis jetzt in ununterbrochener Reihenfolge die Veröffentlichung von Ergebnissen derartiger Nachprüfungen erfolgt.

Die Befunde, daß die Neubauer-Methode teilweise unwahrscheinliche Werte ergibt, mehren sich, und nicht in allen Fällen ist allein in einer mangelhaften Ausführung die Erklärung zu suchen

Lemmermann[1]) ist der Ansicht, daß der Löslichkeitsgrad der Bodenphosphorsäure ein und desselben Bodens nicht konstant sei. „In Form von organischen Verbindungen an sich nicht aufnehmbar, wird sie doch während der Vegetationszeit auf dem Felde mehr oder weniger in für die Pflanzen aufnehmbare Form verwandelt.“ Auch Densch[2]) will niedrige Neubauer-Zahlen und hohe Erträge dadurch in Einklang bringen, daß er annimmt, die Nährstoffe seien noch nicht den Keimpflanzen, wohl aber sich kräftig entwickelnden Pflanzen zugänglich, wobei die im Laufe der Vegetation auftretenden physiologischen Reaktionen sicherlich eine Rolle spielen. Sodann schreibt Lemmermann[1]) dem Umstand, daß der Untergrund bei der Nährstoffzuführung auf verschiedenen Böden in ungleichem Maße beteiligt ist, die Probe für die Untersuchung aber stets nur der Ackerkrume entnommen wird, Bedeutung zu. Er begründet dies durch Neubauer-Zahlen, die aus 100 g Boden der Ackerkrume bzw. des Untergrundes der Böden gefunden wurden und mehr oder weniger große Abweichungen voneinander aufweisen. Auch für seine Methode der Behandlung mit 1%iger Zitronensäure trifft dies in gleicher Weise zu. Sodann hält Lemmermann es ebenso wie Mitscherlich[3]) für möglich, daß durch N-Düngung auf dem Felde die P_2O_5- und K_2O-Aufnahme eine andere ist als bei der Keimpflanze, wo der Boden ungedüngt zur Untersuchung gelangt und N-Mangel die Entwicklung der Pflänzchen frühzeitig hemmen kann. Von den genannten Forschern wird solches aber lediglich als Möglichkeit hingestellt, durch Versuche Beweise dafür zu erbringen, war ihnen bisher nicht möglich.

Im großen Maße ist mangelhafte Durchführung des Verfahrens der Grund für Unstimmigkeit: Temperatur und Belichtung sind ebenso wie Güte des Saatgutes von nicht geringem Einfluß auf das Gedeihen der Pflänzchen und für ihre Nährstoffaufnahme aus dem Boden. Lemmermann hat auch dies durch Versuche zur Genüge nachgewiesen und er hält deshalb einheitliche Vorschriften für alle Untersuchungsstätten für geboten, um Fehlern solcher Art vorzubeugen.

Von den Berichten über vergleichende Ergebnisse der einzelnen Methoden, wie sie zur Zeit in Anwendung sind, sowie über Vergleiche dieser Methoden mit Gefäß- und Freilanddüngungsversuchen ist der von Roemer und Mitarbeitern zu nennen. 32 Düngungsversuche, ausgeführt in Versuchsringen, ergaben mit den im Versuchslaboratorium des Pflanzenbauinstitutes Halle gefundenen Neubauer-Zahlen gute Uebereinstimmung, die aber

[1]) Lemmermann: Bericht auf der Tagung der Agrikulturchemiker. Zeitschrift für Pflanzenernährung und -düngung B, 1926, S. 114.

[2]) Densch: Bericht auf der Tagung der Agrikulturchemiker. Zeitschrift für Pflanzenernährung und -düngung B, 1926, S. 130.

[3]) Mitscherlich: Zur Keimpflanzenmethode nach Neubauer. Zeitschrift für Pflanzenernährung und -düngung B, 1926, S. 132.

noch deutlicher wurde, wenn für die einzelnen Kulturpflanzen, je nach ihrem Anspruch, verschiedene Neubauer-Zahlen zugrunde gelegt wurden. An anderer Stelle[1]) gibt Roemer an, daß ein Vergleich zwischen solchen Versuchen und den im Versuchslaboratorium in Halle gefundenen Neubauer-Zahlen im Jahre 1924: 86,6% Treffer bei Phosphorsäure, 84,5% bei Kali, im Jahre 1925: 87,5% Treffer bei Phosphorsäure und 82,5% bei Kali erkennen ließ.

Nach Lemmermann[2]) hat die Neubauer-Methode bei Untersuchung von neun Böden im Vergleich mit Düngungsversuchen in 7 Fällen = 78% richtige Werte für P_2O_5, in 2 Fällen = 22% nicht stimmende Werte für P_2O_5 geliefert. Seine Methode führte bei 16 Böden in 12 Fällen = 75% zu richtigen Werten, in 4 Fällen = 25% zu nicht stimmenden Werten.

Auf Grund dieser Zahlen hält Lemmermann seine Methode der von Neubauer für gleichwertig, jedoch gibt er zu, daß die Nachprüfung in diesem Falle nicht als unbedingt einwandfrei gelten kann, da sie zum Teil auf der Grundlage von Vegetationsversuchen in Gefäßen geschehen ist. Die Ergebnisse von Gefäßversuchen sind nach Ansicht Lemmermanns aber deshalb nicht auf das freie Land übertragbar, weil beim Einfüllen in die Gefäße der Zustand des Bodens in physikalischer, chemischer und biologischer Beziehung verändert werden kann. An anderer Stelle[3]) führt er die Befunde an aus einem Vergleich zwischen Phosphorsäuredüngungsversuchen des Verbandes landwirtschaftlicher Versuchsstationen i. D. R. und der Neubauer-Methode sowie der seinigen. Es ergab sich folgendes Bild:

Anzahl der Böden = 25	Auf Grund der		Zitronensäure-Methode
	Erntezahlen	Neubauer-Zahlen	
waren P_2O_5-bedürftig	14 = 56%	12 = 48%	10 = 40%
waren nicht P_2O_5-bedürftig . . .	8 = 32%	10 = 40%	12 = 48%
zweifelhaft P_2O_5-bedürftig . . .	3 = 12%	3 = 12%	3 = 12%

Auch die Gefäßversuche, die von Lemmermann und Mitarbeitern angestellt wurden, ergaben mit den Neubauer-Zahlen sehr gute, mit den Ergebnissen der Zitronensäure-Methode weniger gute Uebereinstimmung. Jedoch hält Lemmermann den letzten Vergleich für weniger bedeutungsvoll, da er die Neubauer-Methode aus schon erwähnten Gründen nur zum Feldversuch in Vergleich gestellt wissen will. Endlich sei eines Vergleiches Erwähnung

[1]) Roemer: Jll. Landw. Ztg. 1927, Nr. 3. Mittl. der D. L. G. 1926, St. 15, S. 318.

[2]) Lemmermann: Die Bestimmungsmethoden des Düngungsbedürfnisses des Bodens. Zeitschrift für Pflanzenernährung und -düngung B, 1925, S. 37.

[3]) Lemmermann: Die Bestimmung des Düngungsbed. der Böden durch Laboratoriumsversuche. Ztschr. f. Pflanzenernährung u.-düngung B, 1926, S. 112.

getan, den Lemmermann[1]) dadurch erzielte, daß er einige von Mitscherlich nach dessen Methode untersuchte Böden ebenfalls der Behandlung nach der Keimpflanzenmethode und nach seiner Zitronensäure-Methode unterzog. Lemmermann nimmt an, daß die Böden als düngungsbedürftig zu bezeichnen sind, wenn sie nach Neubauer unter 6 mg P_2O_5 aufweisen, als zweifelhaft bei einem Befund von 6—8 mg P_2O_5, als nichtdüngungsbedürftig, wenn sie den Keimpflanzen mehr als 8 mg P_2O_5 gegeben haben. Bei der Zitronensäure-Methode sollen diesen Zahlen die Werte 20 mg, 20—25 mg und 25 mg entsprechen. Es ergibt sich folgende Uebersicht:

	düngungs-bedürftig	zweifelhaft	nicht düngungs-bedürftig
nach der Mitscherlich-Methode . .	7	2	7
nach der Neubauer-Methode . . .	12	2	2
nach der Zitronensäure-Methode .	10	3	3

Eine Uebereinstimmung ist also allenfalls zwischen den beiden letzten Methoden vorhanden, nicht aber mit der ersten.

Sehr schlechte Ergebnisse erzielte Densch[2]) mit der Neubauer-Methode, und zwar sind die P_2O_5- sowohl wie die K_2O-Zahlen nicht in Einklang zu bringen mit den Ergebnissen der Düngungsversuche. Diese wurden ausgeführt als Feldversuche und ebenfalls als Gefäß-Versuche. Bei dem einen wie bei dem anderen Versuch fand Densch, daß Böden, in denen nach Neubauer so gut wie gar keine Phosphorsäure gefunden wurde, für den Höchstertrag ganz oder fast ganz Deckung lieferten, daß ferner bei anderen Böden trotz ausreichendem Gehalt an wurzellöslicher Phosphorsäure dieser Höchstertrag nicht erreicht wurde. Das gleiche fand er für Kali. Densch gibt in derselben Veröffentlichung auch Zahlen bekannt, die in Berlin und Landsberg von denselben Böden nach Neubauer erhalten wurden. Diese weisen zum Teil erhebliche Differenzen auf und deshalb ist auch Densch der Meinung, daß die äußeren Umstände, welche Abweichungen in der Aufnahme der Nährstoffe bedingen können, wie er das von der Belichtung und der Korngröße des verwandten Saatgutes durch Versuche nachgewiesen hat, bei allen Neubauer-Untersuchungen gleichzustellen sind.

Der Neubauer-Methode wird ebenso von Blanck[3]) und von

[1]) Lemmermann: Zur Keimpflanzenmethode nach Neubauer. Zeitschrift für Pflanzenernährung und -düngung B, 1926, S. 141.

[2]) Densch: Die Keimpflanzenmethode zur Bestimmung des Düngerbedürfnisses. Zeitschrift für Pflanzenernährung und -düngung B, 1926, S. 97.

[3]) Blanck: Vergleichende Untersuchung über das Düngerbedürfnis der Böden. Zeitschrift für Pflanzenernährung und -düngung B, 1926, S. 118.

van d. Spuij[1]) ein schlechtes Zeugnis ausgestellt. Diese haben neben anderen Untersuchungsmitteln die Neubauer-Methode und die Zitronensäure-Methode zur vergleichenden Betrachtung herangezogen. Als Vergleichsbasis diente in allen Fällen der Gefäßversuch und dies ist in Anbetracht des oben Gesagten bei der Einschätzung ihrer Arbeiten zu berücksichtigen. In beiden Arbeiten wird der „relativen Löslichkeit" besonderer Wert zugeschrieben, da „besonders bei Anwendung $^1/_2$ %iger Zitronensäure nicht allein schon durch die Menge an gelöster Bodenphosphorsäure die Bedürftigkeit angezeigt wurde, sondern auch die aufgestellten Beziehungen der relativen Löslichkeit von einerseits der Gesamtphosphorsäure, andererseits von der in 10 %iger Salzsäure gelösten Phosphorsäure erkennen ließen, daß die Böden eine bessere Reaktion auf Phosphorsäure zeigten, je geringer die Werte der relativen Löslichkeit waren". Die Methode Neubauer vermochte dagegen bei den an der Grenze stehenden Böden nicht die gleiche Klarheit über die Bedürftigkeit zu bringen. Von besonderem Interesse ist in diesem Zusammenhang auch eine Arbeit von Gerlach und Nolte[2]), die ebenfalls einen Vergleich der nach Neubauer sowie nach der Zitronensäure-Methode gefundenen Zahlen mit Gefäß- und Feldversuchsergebnissen darstellt. Eine Gegenüberstellung der nach den Methoden ermittelten Werte mit den Ergebnissen der Gefäßversuche läßt zunächst erkennen, daß der durch eine Phosphorsäuredüngung (auf welchen Nährstoff Gerlach seine Untersuchungen beschränkt hat), erzielte Mehrertrag im allgemeinen um so geringer wird, je höher der Gehalt des Bodens an zitronensäurelöslicher Phosphorsäure ist. Jedoch finden sich manche Ausnahmen, die auch nicht zu verdecken sind, wenn die Mehrerträge von je drei Böden zu Gruppen zusammengestellt werden. Gerlach folgert daraus, daß hier wohl Beziehungen bestehen, die jedoch derart locker sind, daß es gewagt ist, aus der Zitronensäurelöslichkeit Schlüsse auf das Düngerbedürfnis der Böden zu ziehen. Die Berechnung der relativen Löslichkeit läßt das Bild nicht klarer erscheinen, sondern die Verhältnisse werden noch unübersichtlicher.

Von den Neubauer-Zahlen ist hier zu sagen, daß sie ebenfalls nicht in den Rahmen dieser Versuchsergebnisse hineinpassen. Im allgemeinen nehmen zwar die Mehrerträge mit steigendem Gehalt des Bodens an wurzellöslicher Phosphorsäure ab, im einzelnen ist die Uebereinstimmung aber nicht befriedigend.

Werden anstatt der Gefäßversuche die Ergebnisse der Feldversuche zum Vergleich herangezogen, so zeigt sich, daß die Uebereinstimmung zwischen den erzielten Mehrerträgen und den Ergebnissen der Untersuchungsmethoden keineswegs besser, eher

[1]) Gerlach und Nolte: Ueber die Bestimmung der leichtlösl. Bodenphosphorsäure. (Mittl. der D. L. G. 1926, Stück 10.)

[2]) van d. Spuij: Vergleichende Untersuchung über das Düngerbedürfnis der Böden. Zeitschrift für Pflanzenernährung und -düngung A, 1925, S. 281.

schlechter ist als bei ersterem Vergleich. Die Gefäßversuche und Feldversuche haben hier für dieselben Böden nicht immer gleiche Resultate geliefert. Gerlach betont auf Grund dieser Feststellung, daß zurzeit noch der Feldversuch für die Praxis das sicherste Mittel sei, festzustellen, ob eine Düngung notwendig und rentabel ist.

2. Die Besprechung eigener Untersuchungen.

Aus den zuletzt angeführten Arbeiten geht nicht eindeutig hervor, daß die von Lemmermann eingeführte relative Löslichkeit oder die durch 1 %ige Zitronensäure gelösten Mengen Phosphorsäure als solche stets sichere Schlüsse auf die Düngerbedürftigkeit der Böden für diesen Nährstoff zulassen. Eine Nachprüfung der Methode an Hand einer größeren Anzahl von Bodenproben erschien deshalb ratsam. So wurden zunächst 54 Böden in der von Lemmermann angegebenen Weise untersucht, um die gefundenen Zahlen den nach Neubauer gefundenen Werten gegenüberzustellen.

Die Bestimmung der Gesamtphosphorsäure und der zitronensäurelöslichen Phosphorsäure wurde in folgender Weise vorgenommen.

A. Bestimmung der Gesamtphosphorsäure.

Wegen seiner Einfachheit wurde zur Bestimmung der Gesamtphosphorsäure zuerst der folgende Analysengang angewandt: 25 g Boden werden mit 25 ccm konzentrierter H_2SO_4 unter Zugabe von wenig konz. HNO_3 solange im Stickstoffkolben gekocht, bis Weißfärbung anzeigt, daß sämtliche organische Substanz zerstört ist. Nach dem Erkalten wird der Inhalt in einem 250 ccm-Kolben übergespült, und der Kolben bis zur Marke aufgefüllt. Es wird sodann filtriert, und vom Filtrat werden 100 ccm in ein Becherglas pipettiert, um auf 20 ccm eingedampft zu werden. Die Bestimmung der Phosphorsäure erfolgt nach der Methode von v. Lorenz[1]) als Ammoniumphosphormolybdat. Da die Parallelen nach diesem Verfahren wenig übereinstimmende Resultate ergaben, wurde es verlassen und der Aufschluß der Gesamtphosphorsäure mit Königswasser vorgenommen (nach der Methode von Fischer[2]).

25 g Boden werden mit 100 ccm konz. Salzsäure und 10—12 ccm konz. Salpetersäure in einem Becherglas (mit Uhrglas bedeckt) eine halbe Stunde gekocht. Nach dem Ueberspülen in eine Porzellanschale wird auf dem Wasserbad eingedampft, nach völligem Eindampfen wird mit etwa 50 ccm HCl aufgenommen und abermals eingedampft, um die Salpetersäure zu vertreiben. Nachdem der Rückstand in den Porzellanschalen im Trockenkasten auf 140—160° C erhitzt wurde, um die Kieselsäure unlöslich zu machen, wird wiederum mit konz. HCl aufgenommen und bis zur Trockne eingedampft. Alsdann wird mit verdünnter Salzsäure (10 ccm HCl + 40 ccm dest. H_2O je Schale) aufgenommen, erwärmt und in einen 250 ccm-Kolben filtriert. Der Rückstand auf dem Filter wird mit heißer $^1/_2$ %iger HCl gut ausgewaschen, das Kölbchen nach dem Abkühlen bis zur Marke aufgefüllt. 100 ccm werden in einem Becherglas auf etwa 25 ccm eingedampft, um die P_2O_5 wiederum nach der von Lorenz'schen Methode zu bestimmen.

---

[1]) v. Lorenz: P_2O_5-Bestimmung in Dünger, Boden und Asche durch direkte Wägung des Ammoniumphosphormolybdates. Landw. Vers.-St. 55, 1901, S. 183.

[2]) Fischer: Intern. Mittl. für Bodenkunde 2, 1912, S. 541.

Bei der einen wie bei der anderen Behandlungsweise wurden von jedem Boden zwei Parallelen angesetzt. Dadurch, daß vom Filtrat je zweimal 100 ccm zur Ausfällung genommen wurden, wurden für jeden Boden vier Werte erhalten.

B. Bestimmung der zitronensäurelöslichen Phosphorsäure.

Für die Bestimmung der in 1 %iger zitronensäurelöslichen Phosphorsäure wurde zunächst die Alkalität des Bodens bestimmt, um außer der stets gleichen Menge 1 %iger Zitronensäurelösung entsprechend der Alkalität des Bodens überschüssige Zitronensäure zu deren Abstumpfung auf den Boden einwirken zu lassen.

Die Alkalität wurde auf folgende Weise ermittelt: 10 g Boden werden mit 100 ccm einer etwa 1 %igen Salzsäure im Erlenmeyer-Kolben zum leichten Kochen gebracht, sodann wird filtriert, und nach dem Abkühlen werden 50 ccm vom Filtrat zur Titration genommen. Es werden sowohl 50 ccm der 1 %igen Salzsäure als auch 50 ccm unseres Bodenauszuges mit NaOH titriert. Die Differenz an verbrauchter NaOH in ccm multipliziert mit dem Titer für $CaCO_3$ gibt die Alkalität an in g $CaCO_3$, und zwar für 5 g Boden ($^1/_2$ des Filtrats von 10 g Boden). Der Prozentgehalt ergibt sich also durch Multiplikation mit 20. Da 1 g $CaCO_3$ 1,4 g Zitronensäure entspricht, ist der Prozentgehalt an $CaCO_3$ mit 1,4 zu multiplizieren, um zu der Menge Zitronensäure zu kommen, die zur Neutralisation der Alkalität von 100 g des Bodens nötig ist.

Zur Bestimmung der in 1 %iger Zitronensäure löslichen P_2O_5 wurde die von Lemmermann[1]) vorgeschlagene Schüttelmethode benutzt:

50 g Boden werden mit 500 ccm 1 %iger Zitronensäurelösung unter weiterer Zugabe der berechneten Menge fester Zitronensäure in Schüttelflaschen gefüllt. Diese werden im Rotierapparat am ersten Tage $2^1/_2$ Stunden geschüttelt, bleiben die Nacht über stehen und werden am zweiten Tage nochmals eine Stunde lang geschüttelt. Von Lemmermanns Vorschrift wurde insofern abgewichen, als am ersten Tage statt 6 nur $2^1/_2$ Stunden, am zweiten Tage statt 2 nur 1 Stunde geschüttelt wurde. Dies geschah auf Grund eines Versuches mit 5 Böden, die einmal nach Lemmermanns Zeitangabe, das andere Mal nur $2^1/_2$ bezw. Stunde geschüttelt wurden. Es ergaben sich keine oder nur ganz minimale Unterschiede in der gefundenen Menge P_2O_5, und es ist anzunehmen, daß durch die Einwirkung während des langen Stehens die Zitronensäure die ihr zugängliche P_2O_5 völlig zu lösen vermag. Der Inhalt der Flaschen wird nach dem Schütteln filtriert, vom Filtrat jeder Flasche werden dann in zwei Bechergläser je 200 ccm (entsprechend 20 g Boden) pipettiert. Nach Einengung auf 20 ccm wird auch hier die weitere Bestimmung der P_2O_5 durch Ausfällen als Ammoniumphosphormolybdat nach Lorenz vorgenommen.

Bei zwei Parallelen und doppelter P_2O_5-Bestimmung in jeder von ihnen wurden 4 Werte erhalten.

Wie schon erwähnt, wurden zunächst 54 Böden in beschriebener Weise untersucht, um einen Vergleich zwischen den nach dieser und der Neubauermethode ermittelten Zahlen anzustellen. In Tabelle I sind diese Böden, nach ihrer Beschaffenheit zu sechs

[1]) Lemmermann: Ueber d. Best. der rel. Lösl. d. Bodenphosphorsäure. Zeitschrift f. Pflanzenernährung und -düngung A. 1923. S. 363.

Tabelle I.

Lfde. Nr.	Herkunft	Gesamt-P_2O_5 mg P_2O_5 in 100 g Boden (Mittel aus 4 Werten)	Zitronensäurelösliche P_2O_5 mg P_2O_5 in 100 g Boden (Mittel aus 4 Werten)	Relative Löslichkeit	nach Neubauer P_2O_5 mg in 100 g Boden
	Bodenart: Sandig. Lehm				
1	Rittergut Oppin bei Halle	72	11+	14,84	2,52
2	Ratzwitz (Pommern)	109	17+	15,28	2,83
3	Seegrehna bei Wittenberg	101	14+	13,48	2,50
4	Rittergut Oppin bei Halle	91	23+	25,40	8,74
5	Rittergut Oppin bei Halle	79	24+	29,78	8,46
6	Bucha bei Wohlmirstedt	91	37	40,57	7,20
7	Rittergut Güldenstern bei	140	33+	23,54	12,75
8	Mühlberg a. E.	156	37+	23,79	12,80
9	Ammelgosswitz a. Elbe	171	51+	29,88	12,65
	Bodenart: Humos. Lehm				
10	Breitenbusch, Bucha a. Unstrut	95	28	29,88	1,04
11	Breitenbusch, Bucha a. Unstrut	91	22	24,36	1,12
12	Reinhardt, Burgwerben	97	24	24,56	2,77
13	Behm, Querfurt	92	31	34,31	7,13
14	Behm, Querfurt	80	22+	27,47	7,17
15	Heine, Burchardt b. Halberstadt	124	48+	38,26	9,74
16	Behm, Querfurt	77	25+	32,00	14,31
17	Behm, Querfurt	73	18	23,92	11,70
18	Heine, Hadmersleben	149	67+	45,24	12,15
	Bodenart: Lehm				
19	Allerstedt, Bez. Halle	59	11+	19,25	2,09
20	Bucha b. Wohlmirstedt	71	13+	31,12	3,30
21	Aschersleben	70	13	18,69	7,05
22	Aschersleben	64	14	22,38	7,12
23	Bartel, Langendorf	95	30+	31,27	8,53
24	Güldenstern bei Mühlberg	124	27+	21,97	12,10
25	Kreischau bei Torgau	122	35+	23,68	12,41
26	Cöllitzsch bei Arzberg	152	38+	25,01	11,09
	Bodenart: Sand				
27	Großlübars	54	15+	26,99	1,18
28	Großlübars	50	15+	28,86	3,72
29	Byern, Zabakuck	53	19+	35,72	1,81
30	Großlübars	59	26+	43,05	7,76
31	Großlübars	57	23+	41,85	7,47
32	Loburg-Großlübars	50	20+	39,32	7,97
33	Loburg-Großlübars	75	39+	51,30	11,00
34	Loburg-Großlübars	81	39+	47,65	11,49
35	Loburg-Großlübars	71	34+	47,09	10,25
	Bodenart: Lehmig. Sand				
36	Lümzow, Ratzebuhr i. Pommern	62	23	36,40	2,74
37	Arnicke, Beesen	51	15+	30,12	2,62
38	Trosien bei Torgau	37	12+	32,21	2,45
39	Haynsburg bei Zeitz	107	31	28,91	7,60
40	Hundorf bei Rehna, M.-Schwerin	91	33	26,33	7 41
41	Schmatzin	81	38	47,07	7,20
42	Martinskirchen b. Mühlberg a. E.	149	34+	22,74	11,04
43	Iden, Kreis Osterburg	113	60+	53,10	19,62
44	Zöberitz bei Halle	71	28+	39,47	11,80
	Bodenart: Humos. Sand				
45	Burzen b. Ratzebuhr i. Pommern	42	10+	24,57	0,58
46	Klostergut Marienwerder	53	20	37,09	0,58
47	Großlübars	31	5+	17,75	1,86
48	Lümzow b. Ratzebuhr i. Pommern	64	17+	26,70	1,12
49	Kl. Rändchen i. Schl.	73	31	42,13	4,32
50	Kl. Rändchen i. Schl.	65	40	62,05	7,30
51	Ciolkowo	49	21+	43,20	6,99
52	Loburg-Großlübars	166	54+	32,42	10,89
53	Loburg-Großlübars	95	57+	59,63	10,14
54	Loburg-Großlübars	102	56+	55,10	12,47

Gruppen zusammengestellt: „Sandiger Lehm“, „humoser Lehm“, „Lehm“, „Sand“, „lehmiger Sand“ und „humoser Sand“. Jede Gruppe enthält im allgemeinen drei Böden mit niedrigen, drei Böden mit mittleren und drei mit hohen Neubauer-Zahlen.

Die Gegenüberstellung der nach den beiden Methoden ermittelten Zahlen soll uns zeigen, ob in allen Fällen sich gleichbleibende Beziehungen zwischen ihnen erkennen lassen.

Um die Zahlen miteinander in Vergleich stellen zu können, wollen wir von der Annahme Lemmermanns ausgehen, daß ein Boden bei einem Befund von

nach Neubauer	nach Lemmermann	
unter 8 mg	unter 20 mg	als düngebedürftig
	20—25 mg	als zweifelhaft düngebedürftig
über 8 mg	über 25 mg	als nicht bedürftig

angesehen werden kann.

Für die relative Löslichkeit gilt nach Lemmermann die Zahl 25 als Grenzzahl[1]). Werden 20—25 mg zitronensäurelösliche P_2O_5 ermittelt, so spricht eine relative Löslichkeit unter 25 für P_2O_5-Mangel, während bei höherer relativer Löslichkeit als 25 der Boden als mit diesem Nährstoff versorgt gelten kann.

Wird dieses Schema dem Vergleich als Basis zugrunde gelegt, so liegt unter Berücksichtigung der relativen Löslichkeit in 39 von 54 = 72,2% Fällen Uebereinstimmung der Ergebnisse vor (in der Tabelle mit einem + bezeichnet). Jedoch ist bei diesen 39 Böden in manchen Fällen die Uebereinstimmung nur innerhalb dieses Rahmens gegeben, relativ weichen die Zahlen auch hier voneinander ab. So entsprechen bei Boden

Nr. 7 12,75 mg nach Neubauer — 33 mg zitronens.-lösl. P_2O_5
„ 9 12,65 „ „ „ — 51 „ „ „ „

ferner bei Boden

Nr. 15 9,74 mg nach Neubauer — 48 mg zitronens.-lösl. P_2O_5
„ 24 12,10 „ „ „ — 27 „ „ „ „

Beim Vergleich der einzelnen Gruppen sind hinsichtlich der Uebereinstimmung Unterschiede festzustellen. Ist bei den Sandböden in allen Fällen (der Boden Nr. 30 mit 7,76 mg Neubauer-Wert und 26 mg zitronensäurelösliche P_2O_5 sei auch als Treffer hingenommen) recht gute Uebereinstimmung vorhanden, so ist in der Gruppe „humoser Lehm“ das Gegenteil der Fall. Daß die Adsorptions- und Löslichkeitsverhältnisse gerade beim humosen Lehm sehr kompliziert sind, im Gegensatz zum Sand, dürfte hinreichende Erklärung bieten für diese Erscheinungen, die beim Vergleich anderer Gruppen nicht in dem Maße hervortreten. Dagegen muß in den Gruppen: „Sandiger Lehm“, „Lehm“, „lehmiger Sand“ und „humoser Sand“ auffallen, daß Uebereinstimmung durchweg gegeben ist bei Böden mit niedriger und bei solchen mit hoher Neubauer-Zahl. Das vorhandene bzw. nichtvorhandene Dünge-

[1]) Lemmermann: Die Bestimmungsmethoden des Düngungsbedürfnisses des Bodens. Zeitschrift für Pflanzenernährung und -düngung 1925, B, S. 37.

bedürfnis wird also in extremen Fällen nach beiden Methoden in gleicher Richtung angegeben. Bei den in der Mitte stehenden Böden, also solchen, die nach der Methode Neubauer etwa 6—8 mg P_2O_5 an die Keimpflanzen abgegeben haben, ergeben sich nach der Zitronensäure-Methode entweder bedeutend niedrigere oder viel zu hohe Mengen leichtlöslicher Phosphorsäure. Die beiden Methoden zeigen bei diesen Böden, außer in der Gruppe „Sand", Differenzen, die miteinander nicht in Einklang zu bringen sind.

Auf Grund vorliegender Untersuchungsergebnisse ist zunächst zu sagen, daß die Methode nach Neubauer und die Zitronensäure-Methode nach Lemmermann über das Düngebedürfnis nicht bei allen Böden gleiche Angaben machen. Es scheint einmal, daß Art und Beschaffenheit der Böden auf das Untersuchungsergebnis von Einfluß sind. Sodann ist festzustellen, daß die nach der Zitronensäure-Methode gefundenen Werte der Neubauer-Zahl im allgemeinen bei Böden mit sehr hohem und solchen mit äußerst niedrigem Gehalt an leichtlöslicher P_2O_5 entsprechen. Bei denjenigen Böden, wo die Keimpflanzenmethode das Düngebedürfnis als zweifelhaft erscheinen läßt, weichen die nach der Zitronensäure Methode erzielten Befunde nach oben oder unten ab.

In einer oben bereits erwähnten Arbeit führt Gerlach Untersuchungs-Ergebnisse von 18 Böden an. In folgender Tabelle habe ich die von ihm gefundenen Neubauer-Zahlen und die Zahlen für die gefundene zitronensäurelösliche P_2O_5 sowie für die relative Löslichkeit einander gegenübergestellt:

Boden Nr.	nach Neubauer mg P_2O_5 in 100 g Boden	% in 2%iger zitronensäurelöslichen P_2O_5	Relative Löslichkeit
1	0,00	0,004 +	6,06
2	2,79	0,015 +	25,00
3	2,98	0,005 +	3,45
4	4,08	0,030	21,28
5	4,29	0,010 +	15,87
6	4,35	0,016 +	22,22
7	4,44	0,016 +	19,28
8	4,84	0,013 +	23,21
9	5,01	0,009 +	9,78
10	5,02	0,037	42,53
11	5,37	0,016 +	23,53
12	6,15	0,015	25,00
13	6,43	0,014	10,29
14	7,22	0,039	50,65
15	7,89	0,030 +	30,93
16	11,25	0,016	23,53
17	12,18	0,057 +	47,90
18	12,44	0,052 +	40,94

Bei Anwendung des Schemas, wie es beim Vergleich der eigenen Untersuchungsergebnisse zugrunde gelegt wurde, ist in

zwölf Fällen festzustellen, daß die Neubauer-Methode und die Zitronensäure-Methode gleiches Ergebnis gebracht haben, einer Prozentzahl von 72,2 für die Uebereinstimmung entspricht hier die Zahl 66. Das Ergebnis der eigenen Untersuchungen deckt sich also in dieser Hinsicht ungefähr mit denjenigen Gerlachs.

Es ist daraus zunächst zu folgern, daß beide zur Betrachtung herangezogenen Methoden uns nicht in gleicher Weise über das Düngebedürfnis der Böden in Kenntnis setzen können. Ob der einen oder anderen Methode der Vorzug gebührt, oder ob wir mit beiden nicht zum Ziel kommen, kann an Hand dieser Ergebnisse nicht entschieden werden.

Zur Klärung dieser Frage wurden in gleicher Weise Böden untersucht, deren Düngebedürfnis durch Feldversuche ermittelt war, und von denen ebenfalls die Neubauer-Zahlen im Versuchslaboratorium des Pflanzenbauinstitutes Halle festgestellt waren. In der Tabelle II sind deshalb drei Werte: Neubauer-Zahl, die nach Lemmermann gefundenen Zahlen und das Feldversuchs-Ergebnis zum Vergleich nebeneinander gestellt.

Die Düngungsversuche auf diesen Böden sind stets als Feldversuche und zwar als Nährstoffmangelversuche nach Mitscherlich mit den Parzellen KPN, PN, KN und KP durchgeführt worden. Als Versuchsfrucht haben in den meisten Fällen Zuckerrüben, selten Kartoffeln und Getreide gedient. Die Versuche, die von Versuchsringen ausgeführt wurden, und deren Ergebnisse dem Verfasser von zwei Versuchsringleitern in dankenswerter Weise zur Verfügung gestellt sind, wurden leider nicht alle so angelegt, daß man zur Beantwortung der vorliegenden Frage hinreichend Nutzen aus ihnen ziehen könnte: Bei sieben von den zum Vergleich herangezogenen 30 Versuchen ist vor der Versuchsanlage — wohl auf Veranlassung der Besitzer — dem ganzen Schlag eine Grunddüngung gegeben worden. Die Untersuchung der vor der Düngung entnommenen Bodenprobe konnte demgemäß nicht zu demselben Resultat führen wie der Feldversuch. Wenn diese Böden trotzdem in die vorstehende Tabelle aufgenommen sind, so ist es deshalb geschehen, weil immerhin ein Vergleich der beiden Methoden untereinander möglich ist, und bisweilen der Feldversuch auch bei ihnen trotzdem die Entscheidung bringt für oder gegen eine der Methoden. (Vergl. Anhang I.)

Aus der Tabelle II ist unschwer zu erkennen, daß auch hier die Angaben der beiden Methoden oft voneinander abweichen, jedoch ist es schwierig, aus der Zusammenstellung zu ersehen, ob und mit welcher Methode ein Wert gefunden wurde, der dem Ergebnis des Düngungsversuches gerecht wird. Es ist das von Fall zu Fall unter Berücksichtigung aller über den Versuch gemachten Angaben zu prüfen und nicht immer leicht zu entscheiden. Die sieben Böden Nr. 10, 11, 20, 21, 24, 25 und 26, wo vor dem Versuch eine Grunddüngung verabreicht wurde, und auch der Boden Nr. 15, wo der Versuch wahrscheinlich infolge besonderer Wachstumsstörungen auch auf der Volldüngungsparzelle mit 85 Ztr.

Tabelle II.

Lfde. Nr.	Herkunft des Bodens	nach Neubauer P_2O_5 mg in 100 g Boden	Zitronensäure-lösl. P_2O_5 mg P_2O_5 in 100 g Boden (Mittel aus 4 Werten)	Gesamt-P_2O_5 mg P_2O_5 in 100 g Boden (Mittel aus 4 Werten)	Relative Löslichkeit	Feldversuch nach Mitscherlich
1	Rittergut Kriegstedt Plan: Windmühlenberg	4,51	25+	94	26,22	Zuckerrüben. Keine P_2O_5-Wirkung
2	Plan: Bauernplan	7,28+	17?	87	19,79	Zuckerrüben. Geringe P_2O_5-Wirkung (Innerhalb der Fehlergrenze)
3	Plan: Kl. Feld	6,05	24?	101	24,10	Zuckerrüben. Keine P_2O_5-Wirkung
4	Plan: Windmühlenplan	6,21+	20+	91	21,51	Zuckerrüben. Geringe P_2O_5-Wirkung (Innerhalb der Fehlergrenze)
5	Plan: Windmühlenplan I	6,04+	28	99	28,42	Zuckerrüben. Geringe P_2O_5-Wirkung
6	Plan: Sumpfplan I	8,30?	22+	93	23,60	Zuckerrüben. Geringe P_2O_5-Wirkung (Innerhalb der Fehlergrenze)
7	Bardenwerper in Büschdorf, Plan Hochweg	7,30+	35	94	37,32	Sommergerste. Geringe P_2O_5-Wirkung
8	Plan: Sandplan	9,53	67	125	53,79	Winterroggen. P_2O_5-Wirkung
9	Plan: Langer Acker	7,76+	42	98	42,26	Winter-Weizen. Geringe P_2O_5-Wirkung
10	Rusche. Plan: Hoffmanns Plan	4,25+	45	113	39,52	Zuckerrüben. Gute P_2O_5-Wirkung
11	Plan: Bruchfeld	3,37+	24	81	29,22	Z.-Rüben. Keine P_2O_5-Wirkung jedoch hohe Grunddüngung und mäßige Erträge
12	Plan: Wörmlitzer Plan	8,39+	40+	93	43,67	Zuckerrüben. Keine P_2O_5-Wirkung
13	Rittergut Passendorf, Plan Aue	4,60	23+	109	21,23	Zuckerrüben. Nur geringe P_2O_5-Wirkung
14	Plan: Plan 11	7,73+	32+	71	45,69	Zuckerrüben. Keine P_2O_5-Wirkung (mäßige Erträge)
15	Plan: Plan 3	3,01+	22	77	28,25	Z.-Rüben. Keine P_2O_5-Wirkung, jedoch sehr niedrige Erträge
16	Hubbe-Kaltenmark. Plan: Lausehügel	6,56	16	60	25,91	Z.-Rüben. P_2O_5 drückt d. Ertrag (innerhalb der Fehlergrenze)
17	Plan: Ob. Drehlitzer Breite	2,74+	15+	63	23,44	Z.-Rüben. P_2O_5 wirkt gut. 1 Ztr. Superphosphat steigert den Ertrag von 88,6% auf 92,2% des Höchstertrages. 3 Ztr. auf 97,4%
18	Rittergut Skopau Plan: Plan 20	11,3+	20?	83	24,66	Zuckerrüben. Keine P_2O_5-Wirkung
19	Beil-Gröbers Plan: Pflegen I	3,69+	18+	51	34,97	Zuckerrüben. Gute P_2O_5-Wirkung
20	Plan: Becksplan	3,31+	19	56	33,68	Sommer-Gerste. Geringe P_2O_5-Wirkung jedoch Phosphatgrunddüngung
21	Rttgt. Dieskau, Plan: Neue Breite II	5,78+	15	70	21,91	Kartoffeln. Keine P_2O_5-Wirkung, jedoch ist Grunddgg. zu beachten.
22	Rötzsch, Plan Ellern	6,70+	17+	114	14,79	Kartoffeln. P_2O_5-Wirkung
23	Plan: Rackitherplan	6,47+	18+	112	16,38	Zuckerrüben. Geringe P_2O_5-Wirkung
24	Burgwerben. Plan: Manksplan	2,77+	16	96	17,06	Z.-Rüben. Keine P_2O_5-Wirkung, jedoch als Grunddüngung 2 Ztr. Superphosphat je Morgen, außerdem Stallmist u. Gründüngung.
25	Plan: Schlag 1+2	7,40+	21	103	20,27	Kartoffeln. Keine P_2O_5-Wirkung, jedoch hohe Grunddüngung
26	Plan: Schlag 7+8	6,53+	25	100	24,62	Z.-Rüben. P_2O_5-Wirkung (trotz Grunddüngung)
27	Langendorf. Plan: Langendorfer Plan	3,43+	24?	103	22,82	Z.-Rüben. Starke P_2O_5-Wirkung
28	Plan: Pflasterweg	6,55+	12?	79	15,51	Z.-Rüben. Mäßige P_2O_5-Wirkung
29	Plan: Im Loch	2,44+	9+	58	16,17	Z.-Rüben. Gute P_2O_5-Wirkung
30	Plan: Bruchfeld	8,97+	23+	106	22,03	Z.-Rüben. Keine sichere P_2O_5-Wirkung

pro Mg. Zuckerrüben eine Mißernte gebracht hat, seien zunächst von der Betrachtung ausgeschlossen. In der Tabelle sind sie mit × bezeichnet.

Bei den übrigen 22 Böden sei die Neubauer-Zahl und die Menge der zitronensäurelöslichen Phosphorsäure unter Berücksichtigung der relativen Löslichkeit mit dem Ergebnis des Düngungsversuches verglichen. Stimmt die gefundene Zahl mit dem Versuchsergebnis überein, so ist sie in der Tabelle mit einem + bezeichnet. Steht der gefundene Wert zum Versuchsergebnis derart in Beziehung, daß beide nicht direkt übereinstimmen, aber auch nicht einander ausschließen, so ist der Analysenwert als „zweifelhaft richtig" mit einem ? bezeichnet. Ist es bei den meisten Böden völlig klar, ob die Werte der Methoden als Treffer oder als Nieten zu gelten haben, so dürfte das bei den Böden Nr. 3, 6, 13, 15 und 18 nicht so einfach zu entscheiden sein.

Der Boden Nr. 3 hat im Versuch keine Phosphorsäurewirkung gezeigt, die Neubauer-Zahl 6,05 ist also zu niedrig, während die 24,3 mg P_2O_5 für die zitronensäurelösliche Phosphorsäure mit der relativen Löslichkeit 24,1 annähernd den Versuchsergebnissen entsprechen. Der nach Lemmermann gefundene Wert ist deshalb als „zweifelhaft richtig" bezeichnet worden. Auf Boden Nr. 6 hat der Düngungsversuch eine geringe Phosphorsäurewirkung ergeben, die aber innerhalb der Fehlergrenze liegend, nicht als gesichert angesehen werden kann. Die Neubauer-Zahl 8,3 ist deshalb „zweifelhaft richtig". Die geringe Phosphorsäurewirkung auf dem Boden Nr. 13 wird durch 23 mg zitronensäurelöslicher P_2O_5 richtig zum Ausdruck gebracht, während die Neubauer-Zahl mit 4,6 reichlich niedrig ist und ein „?" erhalten hat. Bei Boden Nr. 18 — im Versuch keine Ertragssteigerung durch P_2O_5 — sind 20 mg zitronensäurelösliche P_2O_5 bei einer relativen Löslichkeit von 24,66 als „fraglich richtig" zu bezeichnen.

Die folgende Zusammenstellung gibt dann ein Bild über die Uebereinstimmung der Untersuchungsergebnisse mit dem Düngungsversuch: das Düngebedürfnis wird zum Ausdruck gebracht:

durch	von 22 Böden	
	richtig	zweifelhaft richtig
Methode Neubauer	15	2
Methode Lemmermann	12	5

Wenn bei den übrigen acht Böden die Düngungsversuche auch keine sichere Grundlage für die Nachprüfung der Methoden bieten können, so will ich mich dennoch auch hier mit den zum Vergleich stehenden Resultaten kurz auseinandersetzen: Wenn bei Boden Nr. 10 trotz hoher Grunddüngung eine gute Phosphorsäurewirkung eingetreten ist, so läßt sich das wohl mit der Neubauer-Zahl 4,25, nicht aber mit 44,7 mg zitronensäurelöslicher P_2O_5 bei einer relativen Löslichkeit von 39,52 vereinbaren. — Wie soll aber

entschieden werden bei Boden Nr. 11? Bei hoher Grunddüngung und mäßigen Erträgen ist die Phosphorsäure-Düngung nicht von Wirkung gewesen, es könnten hier 3,37 mg nach Neubauer ebenso richtig sein wie 23,7 mg nach der Zitronensäure-Methode bei einer relativen Löslichkeit von 29,22. Aehnlich sind die Verhältnisse bei Boden Nr. 24. Auf den Versuch des Bodens Nr. 15 ist deshalb nicht zu fußen, weil die Erträge, auch der KPN-Parzelle, außergewöhnlich niedrig sind und eine Schädigung durch irgendwelche Faktoren (mangelnde Niederschläge) als wahrscheinlich angesehen werden kann. — Der Boden Nr. 25 hat keine Phosphorsäurewirkung gezeigt; da eine hohe Grunddüngung gegeben wurde, ist es möglich, daß aus den Zahlen 7,40 bezw. 21 und 20,27 das Düngebedürfnis richtig zu erkennen ist, solches aber nicht erwiesen. — Trotz Grunddüngung hat die Phosphorsäure eine Ertragssteigerung gebracht bei Boden Nr. 26, obwohl die Untersuchungsergebnisse das nicht erwarten lassen.

Der Vergleich der nach der Zitronensäure-Methode gefundenen Ergebnisse mit den Angaben der Neubauer-Methode zeigt auch bei diesen untersuchten 30 Böden, daß zwischen beiden Methoden keine stets gleichbleibenden Beziehungen bestehen.

Unter der Annahme, daß bei 22 Böden das Resultat des Feldversuchs das Düngebedürfnis für Phosphorsäure richtig zum Ausdruck bringt, ist gleiches zu sagen von den Neubauer-Zahlen in 15 Fällen, von den nach Lemmermann gefundenen Werten in 12 Fällen. Außerdem sind „zweifelhaft richtig“: bei 2 Böden die Neubauerzahlen, bei 5 Böden die nach Lemmermann gefundenen Werte.

Gewiß hat die Neubauer-Methode etwas bessere Angaben über das Düngebedürfnis gemacht als die Zitronensäure-Methode, aber es darf nicht verkannt werden, daß auch die Werte der Keimpflanzenmethode sich bei einigen Böden mit dem Feldversuchsergebnis keineswegs decken und wie bei Boden Nr. 1 zu ihm in direktem Widerspruch stehen.

Bei Düngungsversuchen, wie sie hier zum Vergleich herangezogen wurden, ist jedoch wegen ihrer nur einmaligen Durchführung keine unbedingte Gewähr dafür gegeben, daß sie das Bedürfnis des Bodens an einem Nährstoff völlig aufdecken: Witterungs- und Reaktionseinflüsse oder sonstige zufällige Störungen können daran schuld sein, daß ein zutreffendes Bild nicht gewonnen wird. Erst aus mehrjährigen Versuchen auf dem gleichen Acker ist mit Bestimmtheit zu schließen, ob die Zufuhr an einem Nährstoff den Ertrag zu steigern vermag oder nicht. Nicht umsonst sind deshalb mancherorts sogenannte Dauerdüngungsversuche angelegt worden. Zur Nachprüfung der Methoden für die Bestimmung des Düngebedürfnisses der Böden dürfte solchen Dauerversuchen besonderer Wert zuzusprechen sein, und deshalb wurden vom Verfasser Bodenproben derartiger Versuchsböden ebenfalls zur Untersuchung herangezogen.

Tabelle III.

Nr. und Herkunft des Bodens	Zitronens.-lösl. P_2O_5 mg P_2O_5 in 100 g Boden (Mittel aus 4 Untersuchungen)	Gesamt-P_2O_5 mg P_2O_5 in 100 g Boden	Relative Löslichkeit	mg P_2O_5 nach Neubauer
I. Kl Wanzleben Zehntfeld	25,5	91,7	27,89	7,58
II. Kl. Wanzleben Böhnert und Wesemann	24,4	141,4	17,25	3,5
III. Kl. Wanzleben Schaftal	22,1	89,3	24,74	6,21
IV. Kl. Wanzleben Kirschgarten-breite	25,1	92,4	27,16	7,65

Die Zusammenstellung der Zahlen in vorstehender Tabelle verfolgt den gleichen Zweck wie in Tabelle II; sie enthält die Ergebnisse wie sie für 4 Böden der Zuckerfabrik Kleinwanzleben ermittelt wurden. Es handelt sich um Böden, auf denen seit dem Jahre 1921 bzw. seit 1924 stehende Phosphorsäure- und Kalidüngungsversuche durchgeführt werden. Da in diesem Zusammenhang nur die Ergebnisse der Phosphorsäuredüngungsversuche von Belang sind, sind allein von diesen Versuchsplan- und Ernteergebnisse usw. im Anhang II angegeben. Bei Betrachtung der Erntezahlen ist festzustellen, daß außer auf dem Boden „Böhnert und Wesemann" die Zufuhr von Phosphorsäure in verschiedener Form eine unbedingte Ertragssteigerung nicht gebracht hat.

Auf „Zehntfeld" ist zwar durch Thomasmehl bei S.- und W.-Gerste eine leichte Hebung des Ertrages erfolgt, nicht aber durch Superphosphat. Es ist also anzunehmen, daß die physiologisch-alkalische Wirkung des Thomasmehls zur Geltung gekommen ist, auf die wohl die Gerste, nicht aber die Kartoffel reagiert hat. Doch liegen die Verhältnisse nicht ganz klar, da bei dem Versuch mit Kartoffeln die Parzellen ganz verschiedene Erträge gebracht haben.

Auf dem Plan „Böhnert und Wesemann" ist sowohl im Jahre 1924 bei W.-Weizen als auch 1925 bei Zuckerrüben eine Phosphorsäurewirkung unverkennbar.

Wie stehen nun die in Tabelle III enthaltenen Zahlen, wie sie nach den Untersuchungsmethoden aus der Behandlung der Bodenproben von den ungedüngten Parzellen hervorgingen, mit dem durch mehrjährige Versuche ermittelten Phosphorsäurebedürfnis der Böden in Einklang?

Die nach der Keimpflanzenmethode erhaltene Zahl läßt das wirklich vorhandene Phosphorsäurebedürfnis des Bodens II richtig erkennen. Jedoch ist die Zahl 6,21 für den Boden III nicht ganz treffend, denn da auf diesem Plan eine Düngung mit Phosphor-

säure selbst bei Zuckerrüben den Ertrag überhaupt oder nur ganz minimal (in Form von Präzipitat) hat steigern können, durfte eine höhere Neubauer-Zahl erwartet werden. Die Zahlen 7,58 und 7,65 für die Böden I und IV mögen als richtig hingenommen werden, obwohl auch sie den Grenzwert nicht ganz erreichen. Die Abstufungen in dem Düngerbedürfnis der 4 Böden kommen in den Zahlen 3,5, 6,21, 7,58, 7,65 sehr gut zum Ausdruck, zu dem Grenzwert 8, wie er von Neubauer angegeben wurde, stehen sie jedoch insofern nicht in richtiger Beziehung als bei den nichtphosphorsäurebedürftigen Böden die Zahl 8 nicht ganz erreicht wird.

Ob es möglich ist, sich an die Grenzzahl, die Neubauer bei Veröffentlichung seiner Methode nur als „vorläufige" mit 8 angegeben hat, bei Beurteilung der gefundenen Werte eng anzulehnen, ist eine umstrittene Frage. Wie schon erwähnt, tritt Roemer für eine andere Staffelung der Grenzzahlen, je nach Art der Kulturpflanze, ein. Es ist sehr gut denkbar, daß auch für verschiedenartige Böden verschieden hohe Zahlen die Grenze angeben, wo eine Düngung mit dem betreffenden Nährstoff nicht mehr erforderlich ist. Da Lemmermann jedoch für seine Methode von dem einheitlichen Grenzwert 25 für die relative Löslichkeit ausgeht, ist es zur gerechten Beurteilung beider Methoden angebracht, auch für die Methode Neubauer nur auf die eine Grenzzahl 8 hier Bezug zu nehmen.

Die Angaben der Zitronensäuremethode sind bei den Böden I, III und IV durchaus richtig, auch stehen diese Zahlen in gleichbleibender Beziehung zu den Neubauer-Zahlen. Bei dem Boden „Böhnert und Wesemann" wird das vorhandene Phosphorsäurebedürfnis bei der zwar hohen Menge von 24,4 mg zitronensäurelöslicher P_2O_5 durch die relative Löslichkeit 17,25 ebenfalls zum Ausdruck gebracht.

Kurz zusammengefaßt ist über die Untersuchungsergebnisse dieser Böden, über deren Düngungszustand wir durch Versuche mehrerer Jahre mit verschiedenen Früchten unterrichtet sind, festzustellen, daß

1. die Neubauer-Zahlen, bezogen auf die Grenzzahl 8, durchweg zu niedrig sind, daß aber relativ das verschiedene Düngebedürfnis der 4 Böden in den Zahlen 3,5, 6,21 sowie 7,58 und 7,65 gut zum Ausdruck kommt;

2. die nach der Methode Lemmermann gefundenen Werte richtige Schlüsse auf das Phosphorsäurebedürfnis dieser Böden zulassen.

Schließlich wurden noch Bodenproben von den Parzellen des „ewigen Roggenbaus" auf dem Versuchsfelde des Institutes für Pflanzenbau untersucht, um auch die hier gefundenen Zahlen bezüglich ihrer Uebereinstimmung mit den Neubauer-Zahlen zu prüfen und um die Ergebnisse beider Methoden den Ertragszahlen dieser Versuchsparzellen gegenüberzustellen.

Der von Julius Kühn im Jahre 1879 angelegte Versuch enthielt bis zum Jahre 1921 die Parzellen: Stallmist, KP, KPN, N und ungedüngt. Der Stallmistparzelle werden in jedem Jahre 120 dz

Stallmist pro ha, den übrigen Parzellen jeweils die dieser Stallmistgabe entsprechenden Mengen: 90 kg K_2O, 56 kg P_2O_5, 40 kg N zugeführt. Zur Aussaat wurde bis zum Jahre 1921 stets Saaleroggen benutzt, von 1922 an dieser aber der Schartigkeit und sonstiger Entartungserscheinungen wegen mit Petkuser Winterroggen vertauscht. Vornehmlich aus diesem Grunde sei hier die Durchschnittsernte der Jahre 1919/21 auf den einzelnen Parzellen zur Betrachtung herangezogen.

Die Stallmist- und KPN-Parzelle haben in diesen Jahren ungefähr gleichen Durchschnittsertrag gebracht, während die N-Parzelle hinter dem Ertrag dieser Parzellen erheblich zurücksteht und in weiteren Abständen die KP-Parzelle und dann die ungedüngte Parzelle folgen. Die Körnerenten in dz/ha waren folgende:

Parzelle	1919/21 (41. bis 43. Ernte)
Stallmist	20,37
KP	11,60
KPN	20,42
N	15,92
Ungedüngt	10,78

Kommt in dem Ertragsunterschied zwischen der ungedüngten und der KPN-Parzelle die Wirkung der 3 Nährstoffe: Kali, Phosphorsäure und Stickstoff zum Ausdruck, so läßt der Mehrertrag der KP-Parzelle gegenüber der ungedüngten und ebenfalls der Mehrertrag der KPN-Parzelle gegenüber der N-Parzelle erkennen, inwieweit Kali und Phosphorsäure zusammen ertragssteigernd gewirkt haben. Ueber die Wirkung der Phosphorsäure allein ist aus diesem Versuch, der bekanntlich von Kühn zur Beantwortung ganz anderer Fragen angelegt wurde, leider nichts zu entnehmen, doch ist ein Phosphorsäure-Bedürfnis der ungedüngten und der N-Parzelle auf Grund dieser Ertragszahlen als sehr wahrscheinlich anzunehmen.

Ueber die nach den Untersuchungsmethoden ermittelten Werte gibt die Tabelle IV Auskunft.

Tabelle IV.

„Ewiger Roggenbau“ Halle.

Nr. und Bezeichnung der Parzelle	Zitronens.-lösl. P_2O_5 mg P_2O_5 in 100 g Boden (Mittel aus 4 Untersuchungen)	Gesamt-P_2O_5 mg P_2O_5 in 100 g Boden	Relative Löslichkeit	mg P_2O_5 in 100 g Boden nach Neubauer
15. Stallmist, 120 dz	39,3	110,4	35,59	8,85
16. KP	63,5	139,5	45,51	12,75
17. KPN	52,4	134,0	39,10	11,19
18. N	18,1	82,4	21,96	3,03
19. Ungedüngt	21,0	82,9	25,33	3,06
20. Stallmist, 80 dz	22,9	91,3	25,08	5,65

Die in der letzten Spalte der Tabelle angegebenen Neubauer-Zahlen weisen große Differenzen auf, wie das nach den Erträgen der Parzellen nicht anders zu erwarten war. Die Zahlen 3,03 und 3,06 sprechen für großes Phosphorsäurebedürfnis der Stickstoff- und der ungedüngten Parzelle, und der jahrzehntelange Raubbau macht sich in diesen Zahlen in gleicher Weise geltend wie in dem Ertragsunterschied dieser Parzellen gegenüber den mit Phosphorsäure und Kali gedüngten.

Die Zahlen 12,75 und 11,19 dagegen deuten auf Phosphorsäurereichtum der KP- und KPN-Parzelle hin, während die Stallmistparzelle nach der Zahl 8,85 hinreichend mit diesem Nährstoff versehen ist, ohne für eine normale Ernte großen Ueberschuß daran zu haben.

Die Zahlen für die in 1%iger Zitronensäure gelöste Phosphorsäure in Verbindung mit der relativen Löslichkeit, geben relativ das gleiche Bild wie die Neubauer-Zahlen. Es lassen sich also zwischen beiden Zahlenreihen hier, wo es sich um verschieden gedüngte Parzellen desselben Bodens handelt, die gleichbleibenden Beziehungen feststellen, wie sie im ersten Teil dieser Untersuchungen bei Betrachtung der Befunde von verschiedenen Böden vermißt wurden. Absolut liegen die nach Lemmermann gefundenen Werte zu hoch, um den Neubauer-Zahlen genau zu entsprechen.

Wenn auf der ungedüngten Parzelle 21 mg und auf der N-Parzelle 18,1 mg zitronensäurelösliche P_2O_5 für 100 g Boden gefunden wurden, so ist die Differenz dieser Zahlen mit dem Worte „Stickstoffpeitsche“ durchaus erklärt. Die Werte an sich sind aber, wenn vor allem die jeweilige relative Löslichkeit berücksichtigt wird, den Neubauerzahlen 3,06 mg bzw. 3,03 mg gegenüber zu hoch. In ungefähr gleichem Verhältnis stehen die nach der Zitronensäuremethode und die nach der Keimpflanzenmethode gefundenen Werte bei den Parzellen „Stallmist“, „KP“ und „KPN“ zueinander.

Für die Parzelle 20, die dem Versuch im Jahre 1922 als Stallmistparzelle mit 80 dz/ha Stallmist angegliedert worden ist, liegen nur die Erträge dieser letzten Jahre vor. Da diese in den einzelnen Jahren sehr große Unterschiede aufweisen, soll auf sie hier nicht Bezug genommen werden. Es ist jedoch festzustellen, daß auch hier die Neubauerzahl ein größeres P_2O_5-Bedürfnis angibt, als die nach Lemmermann ermittelten Werte.

Zur Beantwortung der Frage, durch welche der Untersuchungsmethoden das Düngebedürfnis der Böden am besten angegeben wird, sind die Untersuchungsergebnisse dieser Bodenproben nicht geeignet. Es läßt sich durch Gegenüberstellung der Analysenbefunde mit den Ertragszahlen der Parzellen nur erkennen, daß sowohl die Neubauerzahlen als auch die nach Lemmermann gefundenen Werte mit den Ertragszahlen in gleichem Verhältnis steigen und fallen, und ferner, daß in bezug auf die Grenzwerte diese höher liegen als jene. Da aus der Versuchsanstellung aber nicht erkannt werden kann, inwieweit die Ertragsminderung auf

der Parzelle „Ungedüngt“ gegenüber „KP“ und auf der Parzelle „N“ gegenüber „KPN“ durch P_2O_5-Mangel und inwieweit sie durch K_2O verursacht ist, kann hier eine Entscheidung zu gunsten der einen oder anderen Methode nicht gefällt werden.

Ueber die nach den Untersuchungsmethoden für diese Parzellen erzielten Befunde ist also zu sagen, daß

1. zwischen den nach der Methode Neubauer gefundenen Zahlen und den Zahlen für die in 1 %iger Zitronensäure gefundene Menge Phosphorsäure sich bei diesen Parzellen desselben Bodens gleichbleibende Beziehungen erkennen lassen;

2. unter Bezugnahme auf die angegebenen Grenzwerte das Phosphorsäurebedürfnis durch die beiden Methoden, besonders bei den Parzellen „N“ und „Ungedüngt“, ungleich hoch angegeben wird.

Zusammenfassung.

Die Auswertung aller Untersuchungsergebnisse der vorliegenden Arbeit läßt sich allgemein folgendermaßen zusammenfassen:

Eine für alle Fälle sicher zutreffende Feststellung des Düngebedürfnisses der Böden ist weder durch die Keimpflanzenmethode nach Neubauer noch durch die Zitronensäuremethode nach Lemmermann erzielt worden.

Im einzelnen sind die Ergebnisse der Untersuchungen aus den folgenden Sätzen zu entnehmen:

1. Werden für eine Reihe von Böden die nach der Keimpflanzenmethode und die nach der Zitronensäuremethode gefundenen Werte für das Düngebedürfnis der Böden an Phosphorsäure einander gegenübergestellt, so sind zwischen ihnen nicht immer die gleichbleibenden Beziehungen zu finden, wie sie verlangt werden müssen, falls beide Methoden das Düngebedürfnis richtig zum Ausdruck bringen sollen.

2. Die gleichbleibenden Beziehungen sind vorhanden, wenn Untersuchungsergebnisse der beiden Methoden in Vergleich gestellt werden

a) von Böden mit sehr hohem oder sehr niedrigem Gehalt an leichtlöslicher Phosphorsäure,

b) von Böden, die nach Art und Beschaffenheit einander ähnlich sind, wie das bei den reinen Sandböden der Tabelle I und bei den Parzellen des „ewigen Roggenbaues“ in Tabelle IV der Fall ist.

3. Die Nachprüfung der Angaben genannter Methoden an Hand von Feldversuchsergebnissen zeigt, daß weder die eine noch die andere Methode Resultate ergibt, die mit den Feldversuchsergebnissen hinreichend übereinstimmen.

Am Schlusse dieser Arbeit spreche ich meinem verehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. Roemer, für die Anregung zu dieser Arbeit und freundlichste Unterstützung meinen ergebenen Dank aus. Ebenso danke ich Herrn Dr. Dirks für viele freundliche Ratschläge bei Ausführung der Untersuchungen.

Literaturverzeichnis.

[1]) Roemer, Th., Der Feldversuch. 2. Aufl. Berlin 1925.

[2]) Pfeiffer, Th., Der Vegetationsversuch. 2. Aufl. Berlin 1919.

[3]) Weinhold, Ueber die Uebereinstimmung in der Zusammensetzung von Pflanzenasche und derjenigen des Bodens. (Landwirtschaftliche Versuchsstationen 4, 1862, 6, 1864.)

[4]) Emmerling, A., Untersuchungen über den Einfluß der Bodenbeschaffenheit auf die Zusammensetzung des Heus. (Landw. Wochenblatt für Schleswig-Holstein 1875, Nr. 24/25.)

[5]) Hellriegel, H., Bedeutung der chemischen Untersuchung der Ernteprodukte, namentlich der Aschenanalyse für die Beurteilung der Menge und des gegenseitigen Verhältnisses der im Boden vorhandenen aufnehmbaren Nährstoffe. (Landw. Versuchsstationen 11, 1869.)

[6]) Heinrich, R., Grundlagen zur Beurteilung der Ackerkrume in Beziehung zur landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion. 1. Aufl. Wismar 1882.

[7]) Haessner, R., Untersuchungen über den Nährstoffgehalt in den Wurzeln und Körnern der Gerste und Verhalten desselben zu den im Boden vorhandenen assimilierbaren Pflanzennährstoffen. (Inaug.-Diss. Jena 1887.)

[8]) A. von Dickow, Beurteilung des Bodens nach den Wurzeln der Gerstenpflanze. (Journal für Landw. 39, 1891.)

[9]) Helmkampf, Untersuchungen über die Feststellung des Düngungsbedürfnisses der Ackerböden durch die Pflanzenanalyse. (Journal für Landw. 40, 1892.)

[10]) Lemmermann, O., Beiträge zur Lösung der Frage, inwieweit die Pflanzen- und Bodenanalyse imstande ist, über das Kalibedürfnis eines Bodens Aufschluß zu geben. (Inaug.-Diss. Jena 1897.)

[11]) Atterberg, A., Die Beurteilung der Bodenkraft nach der Analyse der Haferpflanze. (Landw. Jahrbücher 15, 1886, 16, 1887.)

[12]) Stahl-Schröder, Kann die Pflanzenanalyse usw. (Journal für Landw. 52, 1904.)

[13]) Hall, Bodenanalyse durch die Pflanze. (The Journ. of. Agr. Sc. Cambridge University Press 1905.)

[14]) Münter, M., Pflanzenanalyse und Düngerbedürfnis des Bodens. (Journal für Landwirtschaft 67, 1919, 68, 1920.)

[15]) Liebscher, G., u. C. v. Seelhorst, Ermittlung der Düngerbedürftigkeit des Bodens aus der Zusammensetzung der Erntetrockensubstanz. (Journal für Landwirtschaft 46, 1898.)

[16]) Pfeiffer, Th., Blanck, E., W. Simmermacher und Rathmann, Pflanzenanalyse und Bodenanalyse zur Bestimmung des Nährstoffgehaltes der Ackerböden. (Landw. Versuchsstationen 86, 1915.)

[17]) Pfeiffer, Th., W. Simmermacher und Rippel, Der Gehalt der Haferpflanzen an Stickstoff, Phosphorsäure und Kali unter verschiedenen Bedingungen und seine Beziehungen zu der durch eine Nährstoffgefahr bedingte Ertragserhöhung. (Journal für Landwirtschaft 67, 1919.)

[18]) Joulie, H., Jahresbericht über die Erfahrungen und Fortschritte auf dem Gebiete der Landwirtschaft. (Bürstenbinder Stammer 1889, S. 5—13) (s. Lemmermann Inaug.-Diss. Jena 1897.)

[19]) Gasparin, siehe Lemmermann. (Inaug.-Diss. 1897.)

[20]) Risler und Colomb, Inwieweit vermag die chemische Bodenanalyse zur Bestimmung des Düngungsbedürfnisses des Bodens beizutragen. (Wien 1888, übersetzt von E. v. Proskowetz.)

[21]) Wohltmann, F., Ueber den Wert der Bodenanalyse. (Landw. Presse, Jahrgang 45.)

[22]) Wohltmann, F., Das Nährstoffkapital westdeutscher Böden. 1. Aufl. (Bonn 1901.)
[23]) Liebscher, G., Untersuchungen über die Bestimmung des Düngerbedürfnisses der Ackerböden und Kulturpflanzen. (Journal für Landwirtschaft 43, 1895.)
[24]) Lawes und Gilbert, Nach Lemmermann. (Inaug.-Diss. Jena 1897.)
[25]) Dyer, Ueber die analytische Bestimmung der wahrscheinlich assimilierten Pflanzennährstoffe im Boden. (Zentralblatt für Agrikulturchemie 23, 1894.)
[26]) Maerker, M., Bericht über die Tätigkeit der agrikulturchemischen Versuchsstation im Jahre 1890. (Zeitschrift des landw. Zentralvereins der Provinz Sachsen 4, 1891.)
[27]) Gerlach, Ueber das Verhalten der wasserlöslichen Phosphorsäure gegen absorbierende Bestandteile des Bodens. (Landw.Versuchsstationen 46, 1895.)
[28]) Kellner, O., Landw. Versuchsstationen 33, 1887.
[29]) Januzeswski, Ueber die Pflanzen- und Bodenanalyse in ihrer Bedeutung für die Bestimmung der Bodenqualität. (Inaug.-Diss. Leipzig 1895.)
[30]) Nilson u. Eggertz, Sitzungen der Sektion für Agrikulturchemie und landwirtschaftliches Versuchswesen. (Landw. Versuchsstationen 38, 1891.)
[31]) König, W., Bestimmung der Fruchtbarkeit und des Nährstoffbedürfnisses der Ackerböden. (Landw. Versuchsstationen 61, 1905.)
[32]) Sigmond, A. von, Ueber die praktische Bedeutung der Bodenanalyse. (Zeitschrift für Landw. Versuchswesen in Oesterreich 1907, Nr. 10.)
[33]) Gedroiz, Die chemischen Methoden zur Bestimmung der Fruchtbarkeit der Böden inbezug auf Phosphorsäure. (Zentralblatt für Agrikulturchemie 33, 1904.)
[34]) Mitscherlich, E. A., Die chemische Bodenanalyse für pflanzen-physiologische Forschungen. (Landwirtschaftliche Jahrbücher 36, 1907.)
[35]) Lemmermann, O., Zur Frage der Ermittelung des Düngungsbedürfnisses der Böden mit Hilfe der Bodenanalyse. (Landw. Versuchsstationen 83, 1914.)
[36]) König, W., Bestimmung der Fruchtbarkeit und des Nährstoffbedürfnisses des Ackerbodens. (Landw. Versuchsstationen 61, 1905.)
[37]) König, W. und Mitarbeiter, desgleichen. (Landw. Versuchsstationen 69, 1908.)
[38]) König, W., Coppenrath und Hasenbäumer, Ueber Beziehungen zwischen den Eigenschaften des Bodens und der Nährstoffaufnahme durch die Pflanzen. (Landw. Versuchsstationen 66, 1907.)
[39]) Lemmermann, O., Einicke und Förster, Untersuchungen über das Kalkbedürfnis der Ackerböden auf Grund von Bodenuntersuchungen und Vegetationsversuchen. (Landw. Jahrbücher 40, 1911.)
[40]) König, W., und Hasenbäumer, Die Ermittelung des Düngungsbedürfnisses des Bodens. (Zeitschrift für Pflanzenernährung und -Düngung B, 1924.)
[41]) Lemmermann, O., Zur Methodik des Vegetationsversuches. (Landw. Verstationen 85, 1914.)
[42]) Lemmermann, O., Einicke und L. Fresenius, Untersuchungen über die Feststellung des Wirkungswertes der Bodennährstoffe, Phosphorsäure und Kali, durch den Vegetationsversuch und die Bestimmung ihrer relativen Löslichkeit durch Säuren. (Landw. Versuchsstationen 89, 1917.)
[43]) Berju, Ein Beitrag zur Methode der chemischen Bodenuntersuchung. (Landw. Versuchsstationen 55, 1901.)
[44]) Lemmermann, O., Fresenius und H. Wießmann, Untersuchungen über den Wirkungswert der Nährstoffe des Bodens auf Grund von Vegetationsversuchen und Löslichkeitsbestimmungen, sowie über den Produktionswert der verschiedenen Pflanzennährstoffe. (Landw. Versuchsstationen 98, 1921.)

[45]) Lemmermann, O., Mitteilungen der D. L. G., Stück 12. (Bericht der Februar-Tagung.)
[46]) Schneidewind, Die Ernährung der landw. Kulturpflanzen. 2. Auflage. Berlin 1917.
[47]) Lemmermann, O. und L. Fresenius, Ueber die Bestimmung der relativen Löslichkeit der Bodenphosphorsäure. (Zeitschr. für Pflanzenernährung und -Düngung A, 1923.)
[48]) Lemmermann, O., Die Zitronensäure-Methode zur Bestimmung des Düngerbedürfnisses der Böden. (Bericht auf der Tagung der Agrikulturchemiker in Würzburg. Zeitschrift für Pflanzenernährung und -Düngung 4, B, 1925.)
[49]) Greissenegger, J. und Vorbuchner, Feststellung des Düngerbedürfnisses durch Bodenerschöpfung. (Biedermanns Zentralblatt 1921.)
[50]) Neubauer, H. und W. Schneider, Die Nährstoffaufnahme der Keimpflanzen und ihre Anwendung auf die Bestimmung des Nährstoffgehaltes der Böden. (Zeitschrift für Pflanzenernährung und -Düngung A, 1923.)
[51]) Neubauer, H., Bodenuntersuchung nach der Keimpflanzenmethode und Düngungsregeln. (Jll. Landw. Zeitung 1925, Nr. 15.)
[52]) Römer, Th., Dirks und Günther, Die Neubaueranalyse im Vergleich zu Felddüngungsversuchen. (Jll. Landw. Zeitung 1924, Nr. 3.)
[53]) Roemer, Th., Vortrag auf der Tagung der Versuchsringleiter, Halle, Februar 1926. (Mittl. der D. L. G. 1926.)
[54]) Mitscherlich, Die Bestimmung des Düngerbedürfnisses des Bodens. Berlin 1924.
[55]) Baule, Wirkungsgesetz und Wachstumgesetz. (Landw. Jahrbücher 59, 1924.)
[56]) Lemmermann, O., Bericht auf der Tagung der Agrikulturchemiker. (Zeitschrift für Pflanzenernährung und -Düngung 5, B, 1926.)
[57]) Densch, Die Bestimmung des Düngerbedürfnisses des Bodens durch Laboratoriumsversuche nach Neubauer. (Zeitschrift für Pflanzenernährung und -Düngung 5, B, 1926.)
[58]) Mitscherlich, E. A., Bemerkungen zu der Methode Neubauer. (Zeitschrift für Pflanzenernährung und -Düngung 5, B, 1926.)
[59]) Roemer, Th., Jll. Landw. Zeitung 1927, Nr. 3. (Mittl. der D. L. G. 1926.)
[60]) Lemmermann, O., Zur Keimpflanzenmethode nach Neubauer. (Zeitschrift für Pflanzenernährung und -Düngung 5, B, 1926.)
[61]) Densch, Erfahrungen mit der Methode Neubauer. (Zeitschrift für Pflanzenernährung und -Düngung 5, B, 1926.)
[62]) Blanck, E., Beiträge zur Bestimmung des Düngerbedürfnisses des Bodens. (Zeitschrift für Pflanzenernährung und -Düngung 5, B, 1926.)
[63]) van d. Spuij, M. J., Vergleichende Untersuchungen über die Feststellung der Düngebedürftigkeit der Böden an Phosphorsäure. (Zeitschrift für Pflanzenernährung und -Düngung 5, A, 1925.)
[64]) Gerlach und Nolte, Ueber die Bestimmung der leichtlöslichen Bodenphosphorsäure. (Mittl. der D. L. G. 1926.)
[65]) von Lorenz, Phosphorsäurebestimmung in Dünger, Boden und Asche durch direkte Wägung des Ammoniumphosphormolybdates. (Landw. Versuchsstationen 55, 1901.)
[66]) Fischer, Internationale Mitteilungen für Bodenkunde 2, 1912.

Anhang I.

1. Rittergut Kriegstedt. (Windmühlenberg.)

Boden: hum. sand. Lehm.
Neubauer: 4,51 mg P_2O_5, 18,72 K_2O, 8,2 PH.
Versuchsfrucht: Zuckerrüben.
Gegebene Düngemittel: 2 Ztr. 40% Kali, 3 Ztr. Superphosphat, 4 Ztr. Natronsalpeter.

Erträge: 1. KPN	2. PN	3. KN	4. KP
157,0 ± 1,88 m%	158,0 ± 1,16 m%	A57,0 ± 2 m%	117 ± 1 m%

2. Kriegstedt (Bauernplan.)

Boden: hum. sand. Lehm.
Neubauer: 7,28 mg P_2O_5, 28,44 mg K_2O, 8,3 PH.
Versuchsfrucht: Zuckerrüben.
Gegebene Düngemittel: in Ztr./Mrg.
2 Ztr. 40% Kali, 3 Ztr. Superphosphat, 2 Ztr. Natronsalpeter.
Vor der Versuchsanlage 2 Ztr. Kalkstickstoff.
Erträge; in Ztr./Mrg. reine Rüben:

1. KPN	2. PN	3. KN	4. KP
157,5 ± 1,85 m%	159,0 ± 1,02 m%	155,0 ± 1,5 m%	136,0 ± 0,98 m%

3. Rittergut Kriegstedt. (Kleines Feld.)

Boden: hum. sand. Lehm.
Neubauer: 6,04 mg P_2O_6, 29,16 mg K_2O, 8,2 PH.
Versuchsfrucht: Zuckerrüben.
Gegebene Düngemittel: in Ztr./Mrg.
2 Ztr. 40% Kali, 3 Ztr. Superphosphat, 1,5 Ztr. Natronsalpeter.
Vor der Versuchsanlage 2,5 Ztr./Mrg. Kalkstickstoff Grunddüngung.

Erträge: 1.KPN	2. PN	3. KN	4. KP
148,5 ± 2,9 m%	145,9 ± 1,52 m%	147,0 ± 1,1 m%	144,0 ± 1,74 m%

4. Rittergut Kriegstedt. (Windmühlenplan 5.)

Boden: hum. sand. Lehm.
Neubauer: 6,21 mg P_2O_5, 26,64 K_2O, 8,3 PH.
Versuchsfrucht: Zuckerrüben.
Gegebene Düngemittel: in Ztr./Mrg.
2 Ztr. 40% Kali, 3 Ztr. Superphosphat, 3 Ztr. Natronsalpeter.
Erträge: in Ztr./Mrg.

1. KPN	2. PN	3. KN	4. KP
156 ± 1,74 m%	145,5 ± 1,07 m%	155,0 ± 1,25 m%	128,0 ± 1,15 m%

5. Rittergut Kriegstedt. (Windmühlenplan 1.)

Boden: hum. sand. Lehm.
Neubaueranalyse: 6,04 mg P_2O_3, 27,54 mg K_2O, 8,3 PH.
Versuchsfrucht: Zuckerrüben.
Gegebene Düngemittel: Vor der Versuchsanlage 2 Ztr./Mrg. Kalkstickstoff.
Zum Versuche: 2 Ztr. 40% Kali, 3 Ztr. Superphosphat, 2 Ztr. Natronsalpeter.

Erträge: 1. KPN	2. PN	3. KN	4. KP
165,4 ± 1,23 m%	164,7 ± 1,55 m%	161,2 ± 1,6 m%	159,5 ± 2,2 m%

6. Rittergut Kriegstedt. (Dampflan I.)

Boden: hum. sand. Lehm.
Neubauer: 24,6 mg K_2O, 4,62 P_2O_5, 8,3 PH.
Gegebene Düngemittel in Ztr./Mrg.:
2 Ztr. 40% Kali, 3 Ztr. Superphosphat, 3 Ztr. Natronsalpeter.
Früchte: Zuckerrüben.
Vor der Versuchsanlage: 1 Ztr/Mrg. Kalkstickstoff.
Erträge: in Ztr./Mrg. reine Rüben.

1. KPN	2. PN	3. KN	4. KP
133,0 ± 0,82 m%	143,0 ± 1,47 m%	131,0 ± 1,83 m%	128,0 ± 0,78 m%

7. Gut Bardenwerper-Büschdorf. (Hochweg.)

Boden: hum. sand. Lehm.
Neubauer: 7,30 mg P_2O_5, 19,66 K_2O, 7,8 PH.
Versuchsfrucht: Gerste.
Gegebene Düngemittel:
2 Ztr. 40% Kali, 2 Ztr. Superphosphat, 80 Pfd. schwefels. Ammoniak.
Erträge: in Ztr./Mrg. Stroh-Korn = 1,5 : 1.

	1. KP	2. PN	3. KN	4. KP
Stroh	21 ± 5,1 m%	23,0 ± 5,4%	22,5 ± 7,6%	23,2 ± 4,5 m%
Korn	14,0	15,0	14,5	15,0

8. Gut: Bardenwerper-Büschdorf. (Sandplan.)

Boden: hum. lehm. Sand. Neubauer: 9,53 mg P_2O_5, 32,62 K_2O, 7,9 PH.
Versuchsfrucht: Petkuser. W. Roggen.
Gegebene Düngemittel in Ztr./Mrg.
3 Ztr. 60% Kali, 4 Ztr. Superphosphat, 2 Ztr. schwefels. Ammoniak.
Erträge: in Ztr./Mrg. Stroh-Korn = 2,5 : 1.

	1. KPN	2. PN	3. KN	4. KP
Stroh:	34,50 ± 2,1 m%	33,65 ± 1,5 m%	32,20 ± 5,6 m%	32,16 ± 2,9 m%
Korn:	13,75	13,3	12,75	12,50

9. Gut Bardenwerper-Büschdorf. (Langer Acker.)

Boden: humoser sand. Lehm.
Versuchsfrucht: W. Weizen. Criewener 104.
Gegebene Düngemittel: 3 Ztr. 40% Kali, 4 Ztr. Superphosphat, 2 Ztr. schwefels. Ammoniak.
Erträge: der einzelnen Düngungen in Ztr./Mrg. Stroh: Korn:

	1. KPN	2. PN	3. KN	4. KP
Stroh:	46,65 ± 1,78%	43,52 ± 2,3%	43,42 ± 0,8%	39,20 ± 1,5%
Korn:	18,75	17,50	17,50	15,50

10. Rittergut Rusche-Halle. (Hoffmannsplan.)

Boden: hum. sand. Lehm — lehm. Sand.
Versuchsfrucht: Zuckerrüben.
Grunddüngung: Stallmist, 1,5 Ztr. Kali, 1,5 Ztr. Superphosphat, 2 Ztr. Kalkstickstoff.
Neubauer: 4,25 mg% P_2O_5, 13,14 mg K_2O, 7,9 PH.
Versuchsplan: 50 qm Parzellen, 16 Parzellen, 16 Parzellen vierfache Wiederholung.
Gegebene Düngemittel: in Ztr./Mrg.: 1,5 Ztr. 40% Kali, 3 Ztr. Superphosphat, 2 Ztr. Kalkstickstoff.
Erträge: in Ztr./Mrg. reine Rüben.

1. KP	2. PN	3. KN	4. KPN
103,3 ± 1,11%	98,0 ± 0,7 m%	100,0 ± 0,8 m%	110 ± 0,9 m%

11. Rittergut Rusche-Halle. (Bruchfeld.)

Boden: hum. lehm. Sand.
Neubauer: 3,37 mg P_2O_5, 12,42 mg K_2O, 7,8 PH.
Zuckerrüben: Stallmist, 1,5 Ztr. 40% Kali, 1,5 Ztr. Superphosphat, 2 Ztr. Kalkstickstoff.
Gegebene Düngemittel: in Ztr./Mrg. 1,5 Ztr. 40% Kali, 3 Ztr. Superphosphat, 2 schwefels. Ammoniak.
Erträge: in Ztr./Mrg.

1. KPN	2. PN	3. KN	4. KP
119,0 ± 1,9	104,3 ± 1,7 m%	119,0 ± 2,3 m%	112,0 ± 2,4 m%

12. Rittergut Rusch-Halle. (Wörmlitzer Plan.)

Boden: hum. lehmiger Sand.

Versuchsfrucht: Zuckerrüben: Grunddüngung Stallmist, 1,5 Ztr. 40% Kali, 1,3 Ztr. Superphosphat, 2 Ztr. Kalkstickstoff.

Neubauer: 8,39 P_2O_5, 14,76 K_2O, 7,6 PH.

Zum Versuche gegebene Düngemengen: 1,5 Ztr. 40% Kali, 1,5 Ztr. Superphosphat, 1 Ztr. schwefels. Ammonik.

Erträge: 1. KPN	2. PN	3. KN	4. KP.
125,0 ± 2,8 m%	105,75 ± 1,6 m%	125,0 ± 2 m%	112,4 ± 2 m%

13. Rittergut Otto, Passendorf. (Aue I.)

Boden: Schwerer Aueboden.

Neubauer: 4,6 mg P_2O_5, 30,42 mg K_2O, 7,5 PH.

Versuchsfrucht: Zuckerrüben.

Gegebene Düngemittel: in Ztr./Mrg. 2 Ztr. 40% Kali, 3 Ztr. Superphospat, 2,5 Ztr. Leunasalpeter.

Erträge: 1. KPN	2. PN	3. KN	4. KP
126,0 ± 1,2 m%	124,5 ± 0,6 m%	120,5 ± 1,6 m%	122,3 ± 0,8 m%

14. Rittergut Otto, Passendorf. (Plan 11.)

Boden: schwerer Aueboden.

Neubauer: 7,73 mg P_2O_5, 20,88 mg K_2O, 75 PH.

Gegebene Düngemittel: in Ztr./Mrg. 2 Ztr. 40% Kali, 3 Ztr. Superphosphat, 2,5 Ztr. Leunasalpeter.

Erträge: 1. KPN	2. PN.	3. KN	4. KP
121,0 ± 1,8 m%	115,0 ± 2,9 m%	119,7 ± 1,9 m%	116,0 ± 1,9 m%

15. Rittergut Pasendorf. (Plan 3.)

Boden: sandiger Lehm.

Neubauer: 3,01 mg P_2O_5, 40,32 K_2O, 7,4 PH.

Versuchsfrucht: Zuckerrüben.

Gegebene Düngemittel: in Ztr./Mrg. 2 Ztr. 40% Kali, 3 Ztr. Superphosphat, 2,5 Ztr. Leunasalpeter.

Erträge: 1. KPN	2. PN	3. KN	4. KP
85,7 ± 1,3 m%	85,7 ± 1,2 m%	85,0 ± 1,3 m%	75,0 ± 1,6 m%

16. Rittergut: Kubbe-Kaltenmark. (Lausehügel.)

Boden: Steiniger sand. Lehm.

Neubauer: 6,56 mg P_2O_5, 21,24 K_2O, 8,0 PH.

Versuchsfrucht: Zuckerrüben.

Gegebene Düngemittel: in Ztr./Mrg. 2 Ztr. 40% Kali, 3 Ztr. Superphosphat, 4 Ztr. Natronsalpeter.

Erträge: in Ztr./Mrg.

1. KPN	2. PN	3. KN	4. KP
123,3 ± 2,5 m%	111,0 ± 1,3 m%	128,0 ± 2,4 m%	90,5 ± 2,1 m%

17. Rittergut Hubbe-Kaltenmark. (Obere Drelitzer Breite.)

Boden: hum. sand. Lehm.

Neubauer: 2,74 mg P_2O_5, 16,38 mg K_2O, 6,7 PH.

Versuchsfrucht: Zuckerrüben.

Versuchsplan: 50 qm, 16 Parzellen, 4 fache Wiederholung.

Gegebene Düngemittel: Ztr./Mrg. 2 Ztr. 40% Kali, 3 Ztr. Superphosphat, 4 Ztr. Natronsalpeter.

Erträge: 1. KPN	2. PN	3. KN	4. KP
117,5 ± 1,0 m%	109,6 ± 0,7 m%	107,0 ± 0,9 m%	91,4 ± 2,4 m%

18. Rittergut Skopau. (Plan 20.)

Boden: hum. sand. Lehm.

Neubauer: 11,3 mg P_2O_5, 40,98 K_2O, 8,3 PH.

Versuchsfrucht: Zuckerrüben.
Düngung: 1,5 Ztr. Kalkstickstoff, 0,8 Ztr. Thomasmehl, 1 Ztr. 40% Kali.
Gegebene Düngemittel: in Ztr./Mrg. 2 Ztr. 40% Kali, 3 Ztr. Superphosphat, 3 Ztr. schwefels. Ammoniak.
Erträge: in Ztr./Mrg.

1. KPN	2. PN	3. KN	4. KP
195 ± 1,1 m%	203,0 ± 0,9 m%	193,0 ± 1 m%	169,0 ± 1,4 m%

Blatterträge: in Ztr./Mrg. frisch gewogen.

103,0 ± 1,7 m%	110,0 ± 1,9 m%	103,0 ± 1 m%	72,0 ± 1,2 m%

19. Gut: Beil-Gröbers. (Pflegen I.)
Boden: schwach lehmiger Sand.
Neubauer: 3,69 mg P_2O_5, 14,40 K_2O, 8,0 PH.
Versuchsfrucht: Zuckerrüben.
Gegebene Düngemittel: in Ztr./Mrg.
2 Ztr. 40% Kali 3 Ztr. Superphosphat, 4 Ztr. Natronsalpeter.
Erträge: in Ztr./Mrg., reine Rüben.

1. KPN	2. PN	3. KN	4. KP
118,5 ± 0,76 m%	107,5 ± 1 m%	109,0 ± 1 m%	90,0 ± 1,67 m%

20. Gut: Beil-Gröbers. (Beckplan.)
Boden: humoser Lehmboden.
Neubauer: 3,51 mg P_2O_5, 13,68 mg K_2O, 7,5 PH.
Versuchsfrucht: S.-Gerste.
Grunddüngung: 1 Ztr. 9/9 Ammoniaksuperphosphat,
0,40 Ztr./Mrg. Kalkstickstoff.
Gegebene Düngemittel: 2 Ztr./Mrg. 40% Kali, 3 Ztr./Mrg. Superphosphat.
0,60 Ztr./Mrg. Natronsalpeter.
Erträge: in Ztr./Mrg.

	1. KPN	2. PN	3. KN	4. KP
Stroh:	22,49 ± 2,0 m%	21,23 ± 5,2%	21,04 ± 4,2%	21,23 ± 3,7%
Korn:	16,25	15,32	15,22	15,32

21. v. BülowDieskau. (Neue Breite II.)
Boden: hum. lehm. Sand.
Neubauer: 5,78 mg P_2O_5, 21,24 mg K_2O.
Versuchsfrucht: Kartoffeln.
Grunddüngung: 2 Ztr./Mrg. 40%Kali, 1 Ztr./Mrg. Superphosphat,
1 Ztr. schwefels. Ammoniak.
Gegebene Düngemittel: in Ztr./Mrg.
3 Ztr. 40% Kali, 3 Ztr. Superphat, 3 Ztr. schwefels. Ammoniak.
Erträge: in Ztr./Mrg.

1. KPN	2. PN	3. KN	4. KP
107 ± 7,8%	103,2 ± 7%	106,2 ± 7%	102,5 ± 4,6%

Bemerkung: Keine P_2O_5-Wirkung, jedoch ist die Grunddüngung zu berücksichtigen.

22. Gut Rötzsch. (Plan Ellern.)
Boden: schwach lehm. Sand.
Neubauer: 6,71 mg P_2O_5, 44,52 mg K_2O, 4,5 PH.
Versuchsfrucht: Kartoffeln.
Angewandte Düngemittel: in Ztr./Mrg.
2 Ztr. 40% Kali, 2 Ztr. Superphosphat, 3 Ztr. Natronsalpeter.
Erträge: 1. KPN 2. PN 3. KN 4. KP
143,60 ± 3,1 m% 139,0 ± 3,4 m% 135,0 ± 2,1 m% 124,25 ± 2,4 m%

23. Gut Rötzsch. (Rackither Plan.)
Boden: sandiger Lehm.

Neubauer: 6,47 mg P_2O_5, 29,04 mg K_2O, 7,7 PH.
Versuchsfrucht: Zuckerrüben.
Angewandte Düngemittel: in Ztr./Mrg.
2 Ztr. 40% Kali, 2 Ztr. Superphat, 3 Ztr. Natronsalpeter.
Erträge: 1. KPN 2. PH 3. KN 4. KP
172,0±1,8 m% 169,0±0,4 m% 168,4±4,1 m% 152,4±2,5 m%

24. Rittergut Burgwerben. (Nanksplan.)
Boden: stark humoser sand. Lehm.
Neubauer: 2,77 P_2O_5, 15,30 mg K_2O, 8,2 PH.
Versuchsfrucht: Zuckerrüben.
Grunddüngung: 5 Fuhren. 1925 Gründüngung, in Ztr./Mrg. 1,5 40% Kali, 2,00 Superphosphat, 1,00 schwefels. Ammoniak, 0,90 Natronsalpeter.
Angewandte Düngemittel: in Ztr./Mrg.
2 Ztr. 40% Kali, 3 Ztr. Superphosphat, 4 Ztr. Natronsalpeter.
Erträge: 1. KPN 2. PN 3. KN 4. KP
183,6±3,4 m% 172,8±3,0 m% 185,4±1,1 m % 169,8±5,2 m%

25. Rittergut Burgwerben. (Schlag 1 und 2.)
Boden: hum. Lehm.
Neubauer: 7,4 mg P_2O_5, 28,23 K_2O, 7,8 PH.
Versuchsfrucht: Kartoffeln.
Grunddüngung: 1,0 Ztr. Chlorkali, 0,50 Ztr. Superphosphat, 1,00 schwefels. Ammoniak, Stallmist 150 Ztr.
Angewandte Düngemittel: in Ztr./Mrg.
2 Ztr. 40% Kali, 3 Ztr. Superphosphat, 3 Ztr. schwefels. Ammoniak.
Erträge: 1. KPN 2. PN 3. KN 4. KP
153,0±5 m% 143,7±1,0 m% 152,7±1,0 m% 132,4±1,9 m%

26. Rittergut Burgwerben. (Schlag 7 und 8.)
Boden: humoser Lehm.
Neubauer: 6,53 mg P_2O_5, 25,98 K_2O, 8,0 PH.
Versuchsfrucht: Zuckerrüben.
Grunddüngung in Ztr./Mrg.: 1,00 KCl, 1,50 Superphosphat, 1,50 schwefels. Ammoniak, 0,90 Natronsalpeter.
Angewandte Düngemittel in Ztr./Mrg.
1,60 Ztr. 52% Chlorkali, 3 Ztr. Superphosphat, 4 Ztr. Natronsalpeter.
Erträge: 1. KPN 2. PN 3. KN 4. KP
191,3±1,6 m% 177,8±1,6 m% 183,83±2,5 m% 159,5±1,9 m%

27. Rittergut Langendorf. (Langendorfer Plan.)
Boden: stark humoser Lehm.
Neubauer: 3,43 P_2O_5, 23,22 K_2O.
Versuchsfrucht: Zuckerrüben.
Angewandte Düngemittel: in Ztr./Mrg.
2 Ztr. 40% Kali, 3 Ztr. Superphosphat, 3 Ztr. Leunasalpeter.
Erträge: 1. KPN 2. PN 3. KN 4 KP
176,8±0,02 m% 165,3±1,2 m% 144,4±0,4 m% 152,0±1,7 m%

28. Rittergut Langendorf. (Am Pflasterweg.)
Boden: Lehm.
Neubauer: 3,94 mg P_2O_5, 27,72 mg K_2O.
Versuchsfrucht: Zuckerrüben.
Angewandte Düngemittel: in Ztr./Mrg.
2 Ztr. 40% Kali, 3 Ztr. Superphosphat, 3 Ztr. Leunasalpeter.
Erträge: 1. KPN 2. PN 3. KN 4. KP
179,1±3,1 m% 172,0±1,9 m% 171,9±1,2 m% 160,1±2,8 m%

29. Rittergut Langendorf. (Im Loch.)

Boden: hum. Lehm.
Neubauer: 2,44 mg P_2O_5, 20,70 K_2O, 6,9 PH.
Versuchsfrucht: Zuckerrüben.
Angewandte Düngemittel: in Ztr./Mrg.
2 Ztr. 40% Kali, 3 Ztr. Superphosphat, 3 Ztr. Leunasalpeter
Erträge: der einzelnen Düngungen in Ztr./Mrg., reine Rüben.

1. KPN	2. PN	3. KN	4. KP
160,0 ± 2,3 m%	155,7 ± 1,8 m%	150,3 ± 3,1 m%	143,3 ± 3,4 m%

30. Rittergut Langendorf. (Bruchfeld.)

Boden: humoser Lehm.
Neubauer: 8,97 mg P_2O_5, 38,16 mg K_2O.
Versuchsfrucht: Zuckerrüben.
Angewandte Düngemittel: in Ztr./Mrg.
2 Ztr. 40% Kali, 3 Ztr. Superphosphat, 3 Ztr. Leunasalpeter.

Erträge: 1. KPN	2. PN	3. KN	4. KP
177,0 ± 2,1 m%	171,0 ± 3,3 m%	175,3 ± 2,1 m%	155,7 ± 0,2 m%

Anhang II.

Seehausen. Böhmert und Wesemann.

Neubauer-Untersuchungsergebnis: 3,5 mg Phosphorsäure, 15,7 mg Kali.

Phosphorsäuredüngung	1924 WW. p. ha dz	1925 ZR. p. ha dz
Ohne Phosphorsäure	26,9	213
1,7 dz Thomasmehl	26,9	231
3,4 „ „	28,4	225
6,8 „ „	27,3	224
13,8 „ „	27,5	216
1,5 „ Superphosphat	29,1	218
3,0 „ „	29,1	228
6,0 „ „	28,5	225
12,0 „ „	29,3	224

Schermcke. Kirschgartenbreite.

Neubauer-Untersuchungsergebnis: 7,65 mg Phosphorsäure, 22,5 mg Kali.

Düngung	1921 SW. p. ha dz	1922 Kart. p. ha dz	1923 WW. p. ha dz	1924 ZR. p. ha dz	1925 SG. p. ha dz
Ohne Phosphorsäure	40,2	282		418	38,7
1,7 dz Thomasmehl	40,7	271		373	39,2
3,4 „ „	37,8	267		421	37,2
6,8 „ „	40,8	260		395	38,0
13,6 „ „	42,9	270		414	37,9
1,5 „ Superphosphat	40,2	271		375	37,1
3,0 „ „	38,3	295		394	39,5
6,0 „ „	41,5	264		400	38,5
12,0 „ „	39,8	270		400	36,5
0,85 „ Präzipitat	40,0	278		419	35,3
1,7 „ „	39,6	276		413	36,6
3,4 „ „	42,0	273		393	38,2
6,8 „ „	42,4	268		393	38,0

Klein-Wanzleben. (Zehntfeld.)

Neubauer-Untersuchungsergebnis: 7,58 mg Phosphorsäure, 39,6 mg Kali.

Düngung	1920 Kart. p. ha dz	1921 WW. p. ha dz	1922 ZR. p. ha dz	1923 SG. p. ha dz	1924 Kart. p. ha dz	1925 WG. p. ha dz
Ohne Phosphorsäure		40,4	389	27,7	283	41,3
1,7 dz Thomasmehl		42,5	384	28,0	284	40,7
3,4 „ „		45,5	376	28,1	294	42,7
6,8 „ „		41,0	381	28,8	286	42,1
13,6 „ „		38,9	377	28,5	293	42,9
1,5 „ Superphosphat		42,2	385	27,8	298	40,3
3,0 „ „		40,7	377	27,7	274	41,0
6,9 „ „		41,7	383	27,5	294	39,7
12,0 „ „		41,2	390	27,6	303	39,5

Klein-Wanzleben. (Schaftal.)

Neubauer-Untersuchungsergebnis: 6,21 mg Phosphorsäure, 22,4 mg Kali.

Düngung	1921 RS. p. ha dz	1922 WW. p. ha dz	1923 Kart. p. ha dz	1924 SG. p. ha dz	1925 ZR. p. ha
Ohne Phosphorsäure	29,1	44,4	306	40,6	348
1,7 dz Thomasmehl	26,6	42,4	292	39,3	347
3,4 „ „	25,5	46,3	292	40,6	346
6,8 „ „	29,2	43,1	303	41,8	346
13,6 „ „	27,4	43,1	298	39,9	343
1,5 „ Superphosphat	29,5	41,9	298	39,6	338
3,0 „ „	28,7	41,8	308	42,8	340
6,0 „ „	27,6	43,0	302	41,2	337
12,0 „ „	27,9	42,6	309	42,5	338
0,85 „ Präzipitat	29,9	42,9	298	41,1	353
1,7 „ „	28,3	41,5	309	41,5	356
3,4 „ „	27,8	42,1	313	40,9	345
6,8 „ „	24,9	42,3	316	42,1	338

Lebenslauf.

Am 11. August 1901 wurde ich, Heinrich Georg Gustav Linkermann, in Wetter, Kreis Melle i. Hann. als Sohn des Hofbesitzers Friedrich Linkermann und seiner Ehefrau Elise geb. Paußmeyer, geboren. Ich besuchte die Dorfschule zu Wetter, die Mittelschule zu Buer und absolvierte das Realgymnasium in Osnabrück, wo ich Ostern 1920 die Reifeprüfung ablegte. Bis zum Herbst 1921 war ich in der Landwirtschaft praktisch tätig. Mit Beginn des Wintersemesters 1921/22 bezog ich die Universität Halle und bestand hier nach 6semestrigem Studium das Diplomexamen. Im Versuchslaboratorium des Instituts für Pflanzenbau der Universität Halle a. S. konnte ich die dieser Arbeit zugrunde liegenden Untersuchungen ausführen.